

OPTIMIZACION DE UN PORTAFOLIO DE ACCIONES ORDINARIAS DE RENTA  
VARIABLE EN EL MERCADO ACCIONARIO COLOMBIANO

Presentado por

JULIÁN ALBERTO GARCÉS HINCAPIÉ

JORGE HERNÁN TOVAR OSPINA

Línea de investigación

FINANZAS MERCADO DE CAPITALES

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

PEREIRA

2017

OPTIMIZACION DE UN PORTAFOLIO DE ACCIONES ORDINARIAS DE RENTA  
VARIABLE EN EL MERCADO ACCIONARIO COLOMBIANO

Presentado por

JULIÁN ALBERTO GARCÉS HINCAPIÉ

JORGE HERNÁN TOVAR OSPINA

TESIS DE GRADO

Director

MSC. EDUARDO ARTURO CRUZ TREJOS

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

PEREIRA

2017

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	13
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	14
1.1 Antecedentes de la idea .....	15
1.2 Situación problema.....	17
1.2.1 Tipo de inversionista.....	18
1.2.2 La experticia y conocimiento que tiene el intermediario financiero.....	18
1.2.3 Los tipos de operación: .....	18
1.3 Definición del problema.....	19
1.4 Hipótesis.....	19
1.5 Objetivo general .....	19
1.6 Objetivos específicos.....	19
1.7 Justificación.....	20
1.8 Beneficios que conlleva .....	20
1.9 Limitaciones .....	21
2. MARCO REFERENCIAL .....	24
2.1 Marco teórico .....	24
2.1.1 Mercado de capitales.....	24
2.1.2 Principales indicadores bursátiles del mundo. ....	25

2.1.3	Bolsa de Valores de Colombia (BVC).....	27
2.1.4	Operatividad de La Bolsa de Valores de Colombia.....	29
2.1.5	El mercado de renta fija y renta variable. (BVC, 2016) .....	30
2.1.6	Acción ordinaria y acción preferencial .....	33
2.2	Marco conceptual .....	34
2.2.1	Análisis fundamental .....	34
2.2.2	Portafolios de Markowitz.....	35
2.2.3	Las meta heurísticas (Moreno, 2004).....	41
2.2.4	Algoritmo genético (Holland, s.f.).....	45
2.3	Marco normativo .....	48
2.4	Marco filosófico .....	50
2.5	Marco situacional .....	51
2.6	Glosario especializado (Corfinsura, 2006).....	51
3.	DISEÑO METODOLOGICO .....	58
3.1	Método de investigación .....	58
3.2	Tipo de investigación .....	58
3.3	Tipo de estudio .....	58
3.4	Universo .....	58
3.5	Población o muestra .....	59
3.6	Delimitación del estudio.....	59

3.7	Variables e indicadores .....	59
3.8	Instrumentos para recolección de información .....	60
3.9	Etapas o fases de la investigación .....	61
4.	DESARROLLO.....	63
4.1	Proceso realización de encuesta- Perfilamiento del inversionista.....	63
5.	ENCUESTA PERFIL DE RIESGO .....	66
5.1	Preselección de las acciones de la bolsa de valores de Colombia.....	77
5.1.1	Análisis de acciones usando el indicador de reconocimiento (IR), de la BVC. 78	
5.1.2	Análisis de las acciones usando el índice de Bursatilidad Accionaria (IBA) 82	
5.1.3	Análisis de las acciones usando las mediciones de Rentabilidad y Riesgo.86	
5.2	Resolución de portafolio usando el modelo de optimización de MARKOWITZ....	95
5.3	Selección de portafolio Óptimo usando la meta heurística de Algoritmo Genético. 106	
5.3.1	Iniciar una población generada aleatoriamente.....	107
5.3.2	Funciones de distribución personalizadas Rentabilidad y Volatilidad Acción Preferencial Bancolombia.....	108
5.3.3	Funciones de distribución triangulares para las ponderaciones de inversión inicial de portafolio óptimo.....	113

5.3.4	Ejemplificación de la distribución triangular, usando los atributos de la acción Preferencial Bancolombia.....	118
5.3.5	Generación de poblaciones iniciales, mutaciones y cruzamientos de atributos de las acciones del portafolio.....	121
5.3.6	Corridas de simulación y/o primera mutación bajo la metodología de Algoritmo Genético. ....	124
6.	CONCLUSIONES.....	133
7.	RECOMENDACIONES .....	136
	ANEXOS.....	138
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	146

## GUÍA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Caja negra .....	14
Ilustración 2. Modelo de la Teoría Moderna del Portafolio (TMP) de Markowitz.....	95
Ilustración 3. Cálculo del riesgo mínimo del portafolio usando SOLVER, Optimización MARKOWITZ.....	98
Ilustración 4. Construcción y Generación de escenarios en Excel dada una rentabilidad. ...	102
Ilustración 5. Gráfica de frontera eficiente Riesgo VS Rentabilidad.....	104
Ilustración 6. Función de Distribución Propia de los rendimientos para la acción Preferencial Bancolombia.....	111
Ilustración 7. Función de Distribución Propia de las volatilidades para la acción Preferencial Bancolombia.....	113
Ilustración 8. Metodología para la generación de variables Triangulares.....	117
Ilustración 9. Gráfica función de distribución triangular, ponderación de inversión Preferencial Bancolombia. ....	120
Ilustración 10. Gráfica de los puntos óptimos mutados primera mutación.....	126
Ilustración 11. Gráfica de puntos óptimos cruzados por la metodología Algoritmo Genético. .....	129
Ilustración 12. Gráfica mutación y cruzamiento Algoritmo genético.....	130
Ilustración 13. Gráfica de frontera eficiente dada por el cruzamiento. ....	131



## GUÍA DE TABLAS

Tabla 1 Variable e indicadores.....	59
Tabla 2 Matriz de análisis .....	60
Tabla 3 Características para la recolección de información.....	60
Tabla 4 Ficha Técnica Encuesta.....	68
Tabla 5 Perfiles Riesgo Inversionistas .....	68
Tabla 6 Resultados Encuesta Perfil Riesgo Inversionista .....	70
Tabla 7. Puntaje de acuerdo con el perfil inversionista. ....	71
Tabla 8 Pregunta 1 Encuesta .....	71
Tabla 9 Pregunta 2 Encuesta .....	72
Tabla 10 Pregunta 3 Encuesta .....	72
Tabla 11 Pregunta 4 Encuesta .....	73
Tabla 12 Pregunta 5 Encuesta .....	73
Tabla 13 Pregunta 6 Encuesta .....	74
Tabla 14 Pregunta 7 Encuesta .....	74
Tabla 15 Pregunta 8 Encuesta .....	75
Tabla 16 Índice COLIR primer Semestre 2017 .....	81
Tabla 17 Índice Bursatilidad Accionaria (IBA), acciones con reconocimiento IR- BVC (Enero –Junio 2017) .....	85
Tabla 18 Evolución de precios de cierre acciones con reconocimiento IR de BVC Enero- febrero de 2017.....	89
Tabla 19 Variación porcentual de precios Acción PFBCOLOM enero de 2017. ....	90
Tabla 20 Rentabilidad, Varianza y Riesgo para la acción PFBCOLOM Primer semestre 2017.....	92

Tabla 21. Resumen valoración de Acciones con reconocimiento IR Primer semestre de 2017.	93
Tabla 22. Acciones Preseleccionadas para aplicar modelo de Optimización de MARKOWITZ	94
Tabla 23. Rentabilidad, Varianza y Riesgo por acción de acciones Preseleccionadas de la BVC	96
Tabla 24. Tabla de Varianzas y Covarianza entre acciones.	96
Tabla 25. Resultado primer escenario de Mínimo riesgo del portafolio	99
Tabla 26. Resultado segundo escenario Máxima rentabilidad del portafolio	100
Tabla 27. Construcción de coordenadas para la frontera eficiente del Portafolio conformado	101
Tabla 28. Resumen de escenarios Simulados para porcentajes de Inversión, Rentabilidad y Riesgo del portafolio.	103
Tabla 29. Riesgos y Rentabilidades Mínimas y Máximos de la frontera eficiente del portafolio.	105
Tabla 30. Intervalos de riesgos y rentabilidades permitidas por Perfil de Inversionista.	106
Tabla 31 Distribución propia de las variaciones de los precios de PFBCOLOM.	108
Tabla 32. Generación de números aleatorios para escoger los rendimientos a simular.	110
Tabla 33 Límites inferior y superior de rendimientos.	110
Tabla 34. Distribución propia de las volatilidades de PFBCOLOM.	111
Tabla 35. Parámetros función de probabilidad triangular, para cada acción del portafolio.	114
Tabla 36. Porcentajes de Participación más probables para cada acción, dada la volatilidad máxima.	115
Tabla 37 Parámetros de distribución triangular	118

Tabla 38 Data función de distribución triangular acción preferencial Bancolombia.....	119
Tabla 39 Función de variable aleatoria para hallar intervalo de frecuencia.....	120
Tabla 40. Condensación de la información de Rentabilidad y Volatilidad- Riesgo de acuerdo con las funciones de distribución propias de las acciones. ....	122
Tabla 41. Ponderación de la inversión, Riesgo y Rentabilidad total del portafolio de acciones. ....	123
Tabla 42. Resultados primera mutación Algoritmo Genético, con diferentes tamaños de mutación. ....	125
Tabla 43. Resultados del cruzamiento realizado entre acciones, según supuestos de emparejamiento. ....	127

## **GUÍA DE ANEXOS**

Anexo A Tipos de acciones.....	138
Anexo B .....	144
Anexo C Esquema.....	145

## INTRODUCCIÓN

La Universidad Tecnológica de Pereira está posicionada como la Universidad líder de la región comprendida por los tres departamentos del eje cafetero y el norte del Valle. La facultad de ingeniería industrial a través de la Maestría en Administración Económica y Financiera está investigando y capacitando en el campo económico y financiero a la población profesional de la región. La universidad cuenta con el laboratorio financiero, conformado por el punto de la bolsa de valores de Colombia y por los productos resultados de investigación. Entre los productos se mencionan: libros, publicaciones en revistas científicas, desarrollos computacionales para la solución de problemas de inversión.

En este trabajo, se presenta una metodología que incluye procedimientos como: clasificar el perfil del inversionista (conservador, moderado y agresivo), se presenta el conjunto eficiente para cada perfil de inversionista, el método de algoritmo genético resuelve el problema generando infinitas soluciones en una sola corrida del algoritmo. El procedimiento se aplica a las acciones del mercado de valores de Colombia, pero se procede de igual forma para el mercado de cualquier país.

El algoritmo genético llegará a una solución sino óptima muy cercana a la óptima. La función fitness se basa en la teoría de Harry Markowitz, “El riesgo de un portafolio es menor que la sumatoria de los riesgos individuales de las acciones que la componen”. El modelo de Markowitz, se basa en la matriz de la Varianza / covarianza.

El algoritmo genético incluye, además, de la función fitness, el cruzamiento y la mutación para garantizar un óptimo global y no un óptimo local.

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La solución óptima de la conformación de la inversión de un conjunto de instrumentos de renta variable se encuentra resuelto con diferentes métodos:

- Matlab: presenta la función objetivo para llegar a la solución óptima y adiciona una excelente gráfica para interpretar la solución. La dificultad se presenta en la necesidad de saber programar en Matlab.
- Complemento Solver de Excel: No siempre llega a una solución óptima debido a las condiciones de acercamiento y precisión de la solución, a través del gradiente conjugado y el método de Newton Rapsón cuando se encuentra cerca a la solución porque se presenta bifurcación con frecuencia.
- El método de Simulator de riesgo: se requiere amplia capacitación en este complemento de Excel, desarrollado por el PHD Jhonnathan Mun.
- Otras herramientas desarrolladas en internet: Parten de una solución inicial aleatoria, y no siempre convergen, o requieren de mayor tiempo computacional para llegar a la solución.

Los métodos anteriores tienen en común manejar la solución óptima del portafolio de inversión como una caja negra:

Ilustración 1 Caja negra



Fuente: Elaboración propia

Los inversionistas, intermediarios financieros, emisores, y en especial a los profesionales de las áreas financieras como los economistas, ingenieros industriales, contadores, administradores de empresas, y profesionales independientes, necesitan de comprender como funciona la metodología de optimizar utilizando la meta heurística de algoritmo genético. Por ser una meta heurística permite solucionar una gran variedad de problemas, pero, se debe adaptar la metodología para cada situación particular.

La meta heurística del algoritmo genético expuesta paso a paso va a interesar a los profesionales que se quieren apropiar de la metodología para adaptarla a sus necesidades particulares al momento de construir su portafolio.

### **1.1 Antecedentes de la idea**

El trabajo de investigación propuesto: Optimización de un portafolio de acciones ordinarias de renta variable en el mercado accionario colombiano; tiene como antecedentes proyectos de investigación como *“Portafolios de inversión a través de redes neuronales y algoritmo genético”* (Robledo & García , 2008) Exponen como propuesta central:

[...] armar portafolios que garanticen un mínimo riesgo, el modelo a plantear inicia con el pronóstico de los precios de las acciones preseleccionadas con el análisis fundamental a través de las redes neuronales con el modelo lineal backpropagation, sigue la solución con el modelo de varianza/covarianza propuesto por Markowitz y éste se constituye en el punto de referencia para comparar la solución hallada con el modelo del algoritmo genético. (Robledo & García , 2008)

En el trabajo investigativo Algoritmos genéticos. Un ejemplo con hoja de cálculo de (Martínez, Bernal, & Sánchez, 2010) mencionan la aplicabilidad de la meta heurística de algoritmo genético, en la herramienta ofimática de Excel, sustentando su uso en la siguiente

premisa “*Los algoritmos genéticos se utilizan en distintos ámbitos de investigación ya que se basan en la competición entre individuos sobreviviendo aquellos que resultan más fuertes genéticamente*”, lo anterior es de vital importancia, y es la razón de peso del uso de esta técnica de optimización, dado que garantiza la conformación de un portafolio eficiente, tomando las mejores características de cada acción (Riesgo, rentabilidad, Bursatilidad y crecimiento).

En el 2014, se presentó el desarrollo de una investigación aplicando la meta heurística algoritmo genético para optimizar portafolios en la bolsa de valores de México, titulado *Análisis de portafolio por sectores mediante el uso de algoritmos genéticos: caso aplicado a la Bolsa Mexicana de Valores*, se manifiesta por parte de los autores (Rodríguez, Cortez, Méndez, & Garza, 2014, pág. 92):

Examinar el desempeño financiero de los seis sectores representativos de la Bolsa Mexicana de Valores e identificar si existe una diferencia significativa en sus respectivos rendimientos y riesgos, aplicando diversas metodologías para el análisis de portafolios como rendimiento y varianza, Ratio de Sharpe, Alfa de Jensen y Algoritmos Genéticos.

Adicionalmente, se tiene otra investigación que aborda la optimización de portafolios desde las variables de riesgo y rentabilidad inmersas en las acciones (Cruz, Restrepo, & Sánchez, 2005) exponen el artículo: Portafolio de inversión en acciones optimizado, el cual propone un modelo de maximización de un portafolio de acciones mediante la aplicación de la covarianza y coeficiente de correlación, con el objetivo de una máxima rentabilidad con el mínimo riesgo posible; sin embargo dadas estas dos características , se pueden conformar infinidad de portafolios con una rentabilidad y riesgo determinados (Frontera eficiente), y para ello el inversionista debe validar en dicha frontera eficiente la combinación de los dos elementos antes



mencionados; validando si un aumento o disminución en la rentabilidad afecta negativa o positivamente el riesgo, y viceversa.

Finalmente, se realiza un estudio referente a la optimización de la inversión, denominado Estrategia de inversión optimizando la relación rentabilidad-riesgo: evidencia en el mercado accionario colombiano de (Contreras, Stein, & Vecino, 2015) sustentan:

[...] recabar evidencias que inciten a probar la proposición de que la aplicación de postulados teóricos básicos como el índice de Sharpe pudieron haber logrado mejores comportamientos que los métodos de decisión que efectivamente se llevaron a cabo por aquellos administradores que siguieron el patrón del mercado a través de la replicación de la estructura del índice bursátil respectivo. De ser así, se pondría en entredicho la hipótesis de que el portafolio de mercado es un portafolio que pertenece a la frontera eficiente y por lo tanto no sería eficiente, pues habría sido superado en términos de la relación rentabilidad-riesgo por el portafolio obtenido en un algoritmo que maximice índice de Sharpe.

## 1.2 Situación problema

En el proceso de inversión en los mercados financieros se depende *del conocimiento que posee el inversionista*:

- Inexperto: sin experiencia en la participación en el mercado accionario.
- Experto: Ha adquirido la experiencia en forma empírica, a través de la participación en los mercados.
- Formación bursátil: Personas con la formación y especialización en operación bursátil.

Cada uno de ellos con la necesidad de ampliar sus conocimientos y adopción de modelos matemáticos que los lleven a tomar mejores decisiones.

### 1.2.1 Tipo de inversionista

Conservador: se inclina por el portafolio que minimice el riesgo

Moderado: Acepta que se incluya riesgo siempre y cuando la tasa de aumento de la rentabilidad sea mayor que la tasa de aumento de riesgo.

Agresivo: se interesa por la rentabilidad máxima y deja en un segundo plano al riesgo.

Todos y cada uno de ellos están interesados por comprender la conformación de las carteras colectivas y el beneficio que obtienen al manipular sus propios modelos para tomar la decisión.

### 1.2.2 La experticia y conocimiento que tiene el intermediario financiero

Junior: simplemente sigue las indicaciones del inversionista, la comisión es mínima.

Senior: Tiene un conocimiento y experiencia más amplio, maneja cuantías de inversión más amplias y posee información para asesorar a los inversionistas. Su comisión es más alta.

Máster: Conoce y coordina varias mesas no solo la de acciones sino también las de divisas y renta fija: se dedica al manejo de grandes clientes.

Todos ellos se interesan por conocer los modelos y su desarrollo de manera más transparente

### 1.2.3 Los tipos de operación:

Programada con stop loss: para frenar la caída del precio de las acciones

Programada con límite de orden: Para controlar las ganancias y evitar las pérdidas por caídas abruptas.

Posición propia: Cuando el inversionista actúa directamente en el mercado a través de la plataforma de e-trading.

En cualquiera de los casos es conveniente para los actores del mercado, contar con un modelo que se ejecute en el menor tiempo posible para evitar pérdidas en el desplome del precio de las acciones.

Con lo expuesto anteriormente, es necesario empoderar a inversionistas e intermediarios, de acuerdo con su perfil, nivel de conocimiento y tipo de transacciones en la toma de posiciones, con modelos que se puedan manipular y adoptar directamente por cada uno de ellos de acuerdo con sus necesidades y/o preferencias, para darle más eficiencia al mercado de capitales.

### **1.3 Definición del problema**

Conformación de un portafolio óptimo de acciones en el mercado accionario de Colombia.

### **1.4 Hipótesis**

La formación de portafolios óptimos con el método de algoritmo genético proporciona un amplio número de soluciones factibles.

### **1.5 Objetivo general**

Optimizar un portafolio de acciones en el mercado accionario colombiano.

### **1.6 Objetivos específicos**

- Definir el perfil del inversionista
- Resolver el problema de optimización de portafolios de acciones a través de Excel Solver

- Exponer la lógica del algoritmo genético aplicada a la conformación óptima de portafolios de acciones.

- Generar el conjunto de soluciones eficientes de acuerdo con el perfil del inversionista.

### **1.7 Justificación**

- Facilitar la construcción propia de portafolios por parte de los inversionistas e intermediarios del mercado de valores para la toma de decisiones de inversión en forma oportuna.

- Empoderar al inversionista en la toma de posiciones en el mercado de acuerdo con el tipo de transacciones para el manejo directo de modelos de análisis combinatorial como el algoritmo genético.

- Desarrollar los modelos en Excel sin requerir de capacitación en el manejo de paquetes computacionales como el Matlab y Risk simulator.

- Al construir el modelo combinatorial en Excel por el usuario, se corre el “velo” de la caja negra de los softwares comerciales.

- Los trabajos expuestos con antelación indican que en la selección de la población inicial de padres se realice en forma aleatoria. Esto hace que el modelo consuma más tiempo en la solución, frente a una población inicial de padres con la influencia de la función fitness

### **1.8 Beneficios que conlleva**

*Inversionista:*

- Capacitar a los inversionistas activos para que ajusten las decisiones de acuerdo con su perfil.

- Capacitar a los futuros inversionistas, se dispondrá de un método descrito en forma detallada para los usuarios del laboratorio financiero de la Universidad Tecnológica de Pereira.

- Estudiantes de las maestrías de administración financiera y de investigación de operaciones:
  - o Administración económica y financiera: apoderarse de una técnica aplicada a la solución de problemas en el campo financiero: inversión en instrumentos financieros, selección de proyectos de inversión en activos de capital, mezcla optima de producción, punto de equilibrio para “N” productos en condiciones aleatorias.
  - o Investigación de operaciones: apreciar un caso de aplicación de los algoritmos evolutivos como es el caso del algoritmo genético e inducirlos al desarrollo de métodos cuantitativos para la solución de problemas en el campo financiero y empresarial.

*El mercado de capitales de Colombia:*

- Se disminuye la desventaja de los inversionistas frente a los intermediarios financieros, al disminuir la dependencia con los intermediarios; a partir de 1.994, estos últimos también están autorizados para invertir a nombre propio.
- En la medida que el inversionista participe en igualdad de condiciones que los demás agentes del mercado, se logrará encaminarse a un mercado eficiente: igualdad de condiciones en la inversión, acceso a la información en forma equitativa.
- La creación de proveedores de información, restringe al acceso de información debido al costo. El desarrollo de herramientas propias evitará la dependencia con estos proveedores.

## **1.9 Limitaciones**

- Limitación Tecnológica:
  - o Actualmente se cuenta con herramientas tecnológicas que actúan en forma similar a las cajas negras de los aviones.
- Limitación en acceso a la información:

- o Al realizar el análisis de preselección de acciones, se puede presentar falta de la información suficiente y precisa que permita realizar un análisis macro de todas las variables que influyen el comportamiento de las acciones de renta variable en la Bolsa de Valores de Colombia.
- o Hasta hace tres años existía la página oficial [www.infoval.com.co](http://www.infoval.com.co) (información de valoración de especies), para la liquidación de cualquier instrumento financiero que se negociara en el mercado de valores como títulos de renta fija, renta variable, curvas de mercado, márgenes, entre otros. Se decreta la liberación de proveedores de información de mercado. Pero estas consultas tienen un costo que depende de la frecuencia de realización.
- o El mercado de renta variable en Colombia, es supremamente pequeño, se limita a un total de 20 acciones que se negocian con mayor frecuencia.



## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 Marco teórico

#### 2.1.1 Mercado de capitales

El mercado de capitales como lo define un documento de la Superfinanciera consiste en:

[...] el conjunto de mecanismos a disposición de una economía para cumplir la función básica de la asignación y distribución, en el tiempo y en el espacio, de los recursos de capital (aquellos de mediano y largo plazo destinados a financiar la inversión, por oposición a los recursos de corto plazo que constituyen el objeto del mercado monetario), los riesgos, el control y la información asociados con el proceso de transferencia del ahorro a la inversión.

(Superfinanciera, 2008)

El equipo investigador trae a acotación esta definición dado que enmarca elementos vitales dentro de la economía como lo son el riesgo, ahorro e inversión; estos son factores trascendentales para la toma de decisiones del inversionista actual, ya que un gran porcentaje de ellos tiene la opción de invertir en el mercado accionario es mediante el ahorro realizado durante algunas etapas de su vida productiva; sin embargo, el acierto o no de la inversión, radica sustancialmente en el conocimiento y sensibilidad que tiene el inversionista ante el mercado de valores. Por razones como la anterior, se debe tener definidos los objetivos de inversión por parte del inversionista, debido a que el mercado de capitales opera en el mediano y largo plazo; por ende, el inversionista no debe pretender obtener grandes réditos en cortos plazos de tiempo, como lo afirma Macarena Quinzaños en su artículo titulado *Lo que le quita el sueño a un gran inversionista*:

Cuando se trata de un inversor en la Bolsa, las acciones cambian a diario sus precios y diversas fuerzas externas pueden afectar su desempeño. Los grandes inversionistas no



les temen a esos cambios diarios, sino a lo que pueda venir con los años, pues en su mayoría cuentan con plazos largos de inversión. Lo que pueda cambiar en el corto plazo no representa un miedo como tal para este tipo de inversionistas, pues si revisamos los historiales de la bolsa, todo lo que baja vuelve a subir. Se compensa después de un periodo, asegura la especialista. (Quinzaños, 2016)<sup>1</sup>

Desde el punto de vista de las empresas, éstas también pueden ser parte del mercado de capitales global, en aras de poder financiar sus proyectos internos y proyectar un crecimiento orgánico de la organización y satisfacer las necesidades monetarias de sus dueños; pero para ello se requiere una serie de elementos que le permitan ser parte del mercado de valores mundial, y para el caso de la Bolsa de New York se requiere:

- Mínimo de ingresos operacionales
- Utilidades antes de impuestos por valor 2,5 millones de dólares.
- Debe colocar en circulación pública un millón de acciones.
- Activos netos tangibles mínimo por 16 millones de dólares
- Entre otras características

### 2.1.2 Principales indicadores bursátiles del mundo.

Actualmente existen un sin número de índices bursátiles que miden los comportamientos de los mercados de valores del mundo, en este trabajo se citan los más preponderantes: (Robledo & García , 2008)<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Tomado de <http://www.finamex.com.mx/the-visionary/sensei/lo-que-le-quita-el-sueno-a-un-gran-inversionista/>

<sup>2</sup> Correspondiente a la Publicación: Grupo de Investigación Financiero Universidad Tecnológica de Pereira, “Portafolios de inversión en acciones optimizado”, 2004. p. 8-10 citada por Robledo et al.

**2.1.2.1 (NASDAQ Composite Index)**

Mide todas las acciones comunes del mercado doméstico y de fuera de los Estados Unidos que están inscritas en el mercado de acciones NASDAQ. Este índice es ponderado por el valor de mercado.

**2.1.2.2 Promedio Industrial Dow Jones – DJIA (Dow Jones Industrial Average).**

Preparado y publicado por Dow Jones & Co., es el más antiguo índice continuo del mercado de los Estados Unidos y el más utilizados de todos los indicadores del mercado.

**2.1.2.3 Índice Compuesto de la Bolsa de Nueva York (NYSE Composite Index)**

El índice comprende todas las acciones que se encuentran registradas en la Bolsa de Nueva York y básicamente mide los cambios en el valor agregado del mercado de las acciones comunes de la Bolsa de Nueva York, ajustado para eliminar los efectos de capitalizaciones, ingresos y salidas.

**2.1.2.4 Índice Compuesto de la Bolsa Americana (AMEX Composite)**

Refleja el valor agregado del mercado de todos sus componentes con referencia al valor agregado a diciembre 29 de 1995 y se desarrolló con una base de 550 en diciembre 29 de 1995. Los componentes de este índice incluyen emisiones comunes o ADR's de todas las compañías registradas en la Bolsa Americana (AMEX), REITs, asociaciones maestras limitadas y otros vehículos de inversión.

#### **2.1.2.5 *Índice NASDAQ 100 (NASDAQ 100 Index)***

Este índice fue lanzado en enero de 1985 y representa las emisiones domésticas e internacionales no financieras más grandes y más activas listadas en Nasdaq.

#### **2.1.2.6 *Hang Seng Index***

Es el índice general utilizado en la bolsa de Honk Kong

#### **2.1.2.7 *F.T.: Financial Times***

Es el índice utilizado en la bolsa de Londres

#### **2.1.2.8 *Euronext París***

Es el índice utilizado en la bolsa de Francia donde cotizan los 40 principales valores de mayor capitalización de Francia.

#### **2.1.2.9 *Frankfurt Stock Exchange***

El principal índice alemán es el DAX 30 que compone las 30 empresas con más capitalización de Alemania.

### **2.1.3 *Bolsa de Valores de Colombia (BVC).***

En Colombia el mercado accionario es administrado por la bolsa de Medellín, Bogotá y Occidente, y mediante la Resolución 270 de 2001, la Supervalores autoriza la constitución de la Bolsa de Valores Colombia S.A, la cual administra el MEC (Mercado Electrónico Colombiano).

Dada su importancia a continuación se presenta algunos apartes importantes de la Bolsa de Valores de Colombia (Bolsa de Valores de Colombia, 2004):

La Bolsa de Valores de Colombia S. A. es un establecimiento mercantil de carácter privado, constituido como sociedad anónima del cual puede ser accionista cualquier persona natural o jurídica, salvo que las normas que rigen a dicha persona no se lo permitan. Cada una de las sociedades comisionistas miembros debe poseer un número de acciones no inferior al que establezca el reglamento de la bolsa, y en ningún caso un mismo beneficiario real podrá tener una participación superior al diez por ciento (10%) del capital suscrito de la bolsa.

Por otro lado, el equipo investigador resalta el perfil de la Bolsa de Valores de Colombia que publica su página WEB, donde se hace un énfasis en el portafolio de servicios con el que cuenta actualmente, y son:

La Bolsa de Valores de Colombia (BVC: CB) es el principal foro de negociación y registro de operaciones sobre valores en Colombia, es una compañía privada listada en el mercado de valores y su acción (BVC) hace parte de los principales índices accionarios: COLCAP, COLEQTY, COLSC y COLIR.

La BVC es multi-producto y multi-mercado, y ofrece plataformas de negociación para mercado de acciones, renta fija y derivados estandarizados. Provee también servicios de listado de emisores e información de mercado. A través de sus filiales, la BVC opera y provee servicios en los mercados de Divisas (Set Icap FX S.A.); OTC de renta fija y derivados (Set Icap Securities); Commodities Energéticos (Derivex S.A.); servicios habilitadores de tecnología (Sophos Banking Solutions) y servicios de proveeduría de precios (Infovalmer PPV S.A.). Además, tiene presencia en toda la cadena de valor de la industria bursátil a través de participaciones accionarias en el Depósito Centralizado de Valores (Deceval), en la Cámara de Riesgo Central de Contraparte (CRCC) y en la Cámara de Compensación de Divisas (CCDC).

La bolsa hace parte del Mercado Integrado Latinoamericano MILA junto con la Bolsa Mexicana de Valores, la Bolsa de Valores de Lima y la Bolsa de Comercio de Santiago desde su inicio en 2011.

Además, tiene una activa participación como miembro de los principales foros de la industria bursátil a nivel global, como la World Federation of Exchanges (WFE) en donde hace parte del Board of Directors y es miembro activo de la Federación Iberoamericana de Bolsas (FIAB). (Bolsa de valores de Colombia, 2004)

#### **2.1.4 Operatividad de La Bolsa de Valores de Colombia.**

Desde inicios del 2016 la Bolsa de Valores de Colombia en asociación con Nasdaq, empiezan a realizar estudios para mejorar las plataformas transaccionales de los mercados de Renta Fija, Renta Variable, Deuda Pública, Divisas y Operaciones a Plazo de Cumplimiento Financiero Derivados y MILA (Mercado Integrado Latinoamericano). Por consiguiente, se busca mejorar los rendimientos en términos de eficiencia, funcionalidad y unificación de la información de los mercados.

En términos tecnológicos nos va a permitir contar con un motor de calce de alto rendimiento y una menor latencia debido a su arquitectura, aumentando la capacidad de procesamiento de órdenes por segundo y la capacidad total del mercado. (BVC, 2004)

Sin duda alguna, los avances tecnológicos en el mercado de valores colombiano ayudan a que el inversionista se sienta más seguro de invertir en la amplia gama de servicios financieros que allí se ofrece, y ratifica fehacientemente que se cuenta con un apoyo organizacional y tecnológico que la pone a la par de las grandes Bolsa de valores del Mundo.

De igual forma, la BVC también es un sistema de información, permitiendo que desde cualquier punto de bolsa los comisionistas e inversionistas que poseen suscripción a pantallas de información consulten en tiempo real ofertas y operaciones de cada uno de los mercados.

#### **2.1.4.1 Mercado Electrónico Colombiano**

Los mercados financieros funcionan como redes sociales en las que individuos interactúan según la confianza que les brindan las potenciales contrapartes. Cada agente dispone de un nivel distinto de conocimiento sobre las características de los demás, hasta el punto que en el mercado la información está particionada. Adicionalmente, no todos los agentes son de igual tamaño, ni son igual de activos en la red, ni presentan igual número de conexiones. (Cáceres & Aldazosa, 2012)

En Colombia el MEC está regulado por el Banco de la República, el cual, según descripción, el MEC es el conjunto de normas, afiliados, procedimientos y mecanismos que tienen por Objeto la celebración de operaciones, contratos y transacciones de los afiliados al sistema, propias de su régimen legal sobre derivados financieros y valores distintos de acciones y bonos convertibles en acciones susceptibles de negociación en la BVC. (BVC, 2016)

#### **2.1.5 El mercado de renta fija y renta variable. (BVC, 2016)**

El escoger dentro de cual mercado se debe invertir, es sin duda alguna una disyuntiva para el inversionista, y más cuando involucramos los términos de riesgo, incertidumbre y volatilidad; y para ellos se hace referencia a las definiciones dadas por la BVC, donde los mercados de renta fija son *“Los instrumentos de inversión de renta fija son emisiones de deuda que realiza el estado y las empresas, dirigidas a los participantes del mercado de capitales.”* (BVC, 2016)

Las inversiones en renta fija pueden adquirirse en el instante en que por primera vez se ofrecen al público o en el momento de la emisión, denominado *mercado primario*, o comprarse a otros inversionistas en lo que se conoce como *mercado secundario*. (BVC, 2016)

En el mercado de renta fija, el activo financiero más importante son los bonos soberanos emitidos por los Estados o Empresas privadas; esta clase de activo permite a su propietario cobrar unos intereses y reclamar su capital invertido en el futuro, con la principal característica de poseer un riesgo mínimo o casi inexistente pero con tasas de rentabilidad más baja que en la renta variable, a su vez es parte de la premisa de que “*Los Estados siempre deben pagar sus deudas, así sea contrayendo otras a futuro*”. (BVC, 2016)

La característica fundamental de este tipo de valores es que se conceden como una deuda de las instituciones hacia los inversores, es decir, que tienen un fuerte respaldo financiero para quien los adquiere. Aunque el riesgo de oscilación del precio existe, el inversor puede optar por mantener la deuda hasta su vencimiento, recibiendo la rentabilidad acordada en la emisión. (Wikipedia, 2016)

Para el caso del mercado de renta variable, la BVC establece que es aquel en el que los valores que se transan no tienen preestablecido el rendimiento, siendo las acciones el título característico de este mercado. La rentabilidad está ligada a las utilidades obtenidas por la empresa en la cual se invierte, así como a las posibles variaciones en los precios de los valores, dadas por las condiciones existentes en el mercado.

En cuanto a la intermediación de este tipo de productos, las únicas compañías autorizadas en Colombia para la negociación de títulos de Renta Variable son las Sociedades Comisionistas de Bolsa.

A su vez, todas las compañías inscritas en este mercado están obligadas a proporcionar información periódica y relevante, para que a su vez el público inversionista cuente con datos suficientes y oportunos para la toma de decisiones. (Bolsa de Valores de Colombia, 2004)

En el mercado de renta variable, se pueden encontrar un sin número de activos financieros en donde está inmerso el riesgo y la rentabilidad, lo que hace más atractivo a los inversionistas que tienen estructuras largo plazo y no tienen problemas de liquidez en el corto plazo. También se debe citar la siguiente definición de renta variable del portal Web Economipedia, donde se exponen algunos elementos de incertidumbre y riesgo:

“La renta variable es un tipo de inversión formada por todos aquellos activos financieros en los que no está garantizada ni la devolución del capital invertido ni la rentabilidad del activo. Cuando adquirimos un instrumento de renta variable no tenemos por qué conocer los intereses que nos van a pagar. En la renta variable, al contrario que en la renta fija, no conocemos los flujos de caja que vamos a recibir por parte de la empresa, incluso puede que la rentabilidad sea negativa y que perdamos dinero con la inversión” (Economipedia, 2015)

Sin embargo, el equipo investigador considera que si es posible conformar un portafolio óptimo de acciones ordinarias de renta variable, que garantice unas expectativas de retorno aceptables para el inversionista de acuerdo con un perfil previamente establecido de aversión al riesgo; siempre y cuando los parámetros de los mercados bursátiles no se afecten por eventos catastróficos y ajenos a la operación propia del mercado. Para ello se realiza en este trabajo investigativo, la apropiación teórica necesaria para optimizar la conformación de un portafolio financiero desde el enfoque clásico y un enfoque de problema combinatorial que requiere el uso de una meta heurística.



### 2.1.6 Acción ordinaria y acción preferencial

Las diversas opciones que se encuentran en el mercado accionario hacen de este un sistema complejo donde el comportamiento del mercado y de los diferentes precios manejados en estos sean muy variables y hasta cierto punto impredecibles, es de ahí que obtiene el nombre de renta variable las inversiones que su rentabilidad no está dada por una tasa fija, donde el rendimiento depende directamente del comportamiento de los mercados. Dentro de los portafolios que se encuentran en el mercado de renta variable están diversos tipos de acciones, diferenciadas por la clase de derechos tanto políticos como económicos que confieren al accionista. Los principales tipos de acciones manejadas en el mercado colombiano son las acciones ordinarias (AO), las preferenciales sin derecho a voto o también conocidas como acciones con derecho preferencial (ADP), y las privilegiadas (AP). (Bolsa de Valores de Colombia, 2004) [Ver anexos tabla 1](#)

Los diferentes actores que participan en el mercado accionario son las empresas que emiten los títulos al ponerlos a disposición de compra en el mercado primario, para luego ser negociados en el mercado secundario por los otros interventores del mercado. Los accionistas, inversionistas o clientes, que son las personas que invierten o ya han invertido su dinero con el fin de obtener dividendos y/o ganancias por la adquisición de estos títulos; las firmas comisionistas de bolsa entidades encargadas de actuar como intermediarios entre los emisores de las acciones y los inversionistas, y los comisionistas, profesionales especializados en la compra y venta de las acciones y de asesorar al inversionista para elegir una opción de acuerdo a como realizar sus inversiones; los corredores de bolsa (brokers), básicamente tienen la misma función que un corredor pero a diferencia de este, el corredor actúa de manera independiente comprando y vendiendo en su propio nombre; sin olvidar a la entidad principal encargada del funcionamiento de este mercado, la Bolsa de Valores de Colombia, y las entidades que en conjunto con la BVC regulan el correcto transcurso de las operaciones realizadas.

## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1 Análisis fundamental**

En este análisis se considera que los factores que determinan el precio de una acción tienen relación con la capacidad de los activos subyacentes de generar utilidades. Los factores determinantes en el valor de una acción se relacionan con las perspectivas del sector productivo al que pertenece la empresa emisora, con la calidad de sus procesos de producción respecto a los de la competencia, con la experticia de su equipo directivo, etc. que son los que determinan el nivel de utilidades que podrá generar la empresa.

Determinado este nivel, quien piense comprar acciones deberá evaluar, frente a su precio actual, cual es la relación precio/ganancia (indica cual es el tiempo que se tardaría en recuperar la inversión realizada en una acción, dado el nivel actual de utilidades) que presenta esta acción, y como se sitúa dicha relación respecto de empresas similares; pero como la relación precio/ganancia, está calculada sobre las utilidades del pasado, y no sobre las proyectadas, se deberá comparar si ese valor histórico es mayor o menor que el estimado en sus cálculos. Si, por ejemplo, es menor, lo aconsejable es comprar, pues hay una distorsión que el mercado no tardará en corregir. También deberá considerar si relación precio/ utilidad esperada está por debajo de otras empresas del mismo sector, en tal caso también hay una distorsión que el mercado corregirá, premiando a los tenedores de esa acción con una ganancia. Ese tipo de análisis debe incorporar una serie de elementos que afectan la capacidad de generación de utilidades de las empresas, que no son del todo previsibles, pero que tienen gran incidencia en esa capacidad; factor clave es el de las perspectivas de evolución de la tasa de interés, pues el costo de alquiler del dinero incide directamente sobre los costos de la empresa y sus utilidades, por la vía de los gastos financieros, e indirectamente, por el efecto que el nivel de la tasa de interés tiene sobre la

actividad económica en general. De allí se sigue que en el análisis fundamental es necesario un adecuado manejo macroeconómico.

Hay aún otros factores que debe tener en cuenta en el momento de comprar una acción: estas no tienen solamente riesgo de precio; existe, por ejemplo, un riesgo de liquidez, que hace que, para dos acciones con iguales perspectivas de generación de utilidades, usted deba preferir aquella que se negocia con más frecuencia y en mayores volúmenes en el mercado, deba preferir la que tiene mayor "bursatilidad". Para ello, debe informarse sobre el índice que se calcula en los mercados. Pero acaso una mayor bursatilidad para un período dado sea producto de alguna circunstancia particular, y al tomar ese período como parámetro de evaluación, se esté formando un juicio sesgado sobre la liquidez a largo plazo de esa acción. Para evitar tales inconvenientes, debe recurrir, en su evaluación, a una comparación de los índices de "Gini" de las respectivas empresas, que le indican el grado de concentración de la propiedad de las acciones en las respectivas empresas.

## 2.2.2 Portafolios de Markowitz

### 2.2.2.1 La rentabilidad

La rentabilidad  $R_t$ , se calcula mediante la expresión (1) conformada por los siguientes componentes

$$P_t - P_{t-1} + D_t + C_t \quad (1)$$

La rentabilidad:  $R_t = P_t - P_{t-1}$

Dónde:  $P_t - P_{t-1}$  Es la variación del precio de la acción  $P_t - P_{t-1}$  en el mercado accionario

$P_t$  = Es el precio de la acción en el momento "t"

$P_{t-1}$  = Es el precio de la acción en el mercado en un período anterior.

$D_t$  : Es el pago de dividendos por cada acción

$C_t$ : Es la prima por nueva emisión de acciones.

Si se asume que la decisión de inversión no incluye la prima por emisión de acciones ni se tiene en cuenta los dividendos ( $D_t$  y  $C_t$  tienden a cero).

$$P_t - P_{t-1} \quad (2)$$

$$R_t = P_t - P_{t-1}$$

El precio de la acción se calcula a través del precio promedio ponderado diario (PPP), utilizando la información de cantidad y volumen del mercado al contado transmitido por la bolsa en la que se encuentra inscrita la acción.

$$PPP = \frac{\sum_i V_i P_i}{N \sum_i V_i}$$

Dónde:  $V_i$  = Volumen de acciones transadas en la ronda "i" de negociación en el día.

$P_i$  = Precio de la acción transada en la ronda "i" de negociación.

"i" = 1,2,3, ... , N número de rondas de negociación.

### 2.2.2.2 *El riesgo de una acción*

El riesgo en que se incurre con respecto a la rentabilidad esperada de una acción se determina por el método de Varianza / Covarianza. La primera propiedad del promedio es que al sumar las desviaciones de una variable con respecto a su promedio daría cero. La varianza como medida de dispersión de cada uno de los datos con respecto a su promedio para evitar la dificultad de la primera propiedad del promedio, se procede a elevar al cuadrado estas desviaciones y se suman, y se divide la suma de los cuadrados de las diferencias por el número de valores tomados en la muestra. La varianza se obtiene de las variaciones de los precios de las acciones.

$$VARIANZA = \frac{\sum_i (VARPPP_i - VARPRECIOPROMEDIO)^2}{N - 1}$$

Siendo “i” el número de variaciones tomadas.

VARPPPi la variación del precio promedio ponderado. La varianza se expresa en unidades tomadas al cuadrado, para solucionar el inconveniente se trabaja con la desviación estándar que mide la dispersión en términos lineales y se expresa matemáticamente como la raíz cuadrada de la varianza. La desviación estándar mide la dispersión de los valores de una variable con respecto a su promedio, el riesgo.

$$DESVIACIONESTANDAR = \sqrt{\frac{\sum_i (VARPPP_i - VARPRECIOPROMEDIO)^2}{N - 1}}$$

### 2.2.2.3 *Rentabilidad del portafolio*

Es la sumatoria ponderada de las rentabilidades esperadas de cada una de las acciones.

$$RP = \sum R_J * A_J$$

Dónde: RP = La rentabilidad esperada del portafolio

$R_J$  = Es el rendimiento esperado de la acción "J"

$A_J$  = Es la proporción del total de fondos invertidos en el título "J"

### 2.2.2.4 *Riesgo del portafolio*

Depende del riesgo de los valores individuales que constituyen el portafolio y de la relación existente entre los mismos. Al seleccionar títulos que tienen poca relación unos con otros, el inversionista puede reducir el riesgo relativo.

La varianza es la forma de medir el riesgo en términos cuadráticos de la rentabilidad esperada del portafolio. La desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza y muestra el riesgo del portafolio en términos lineales.

$$RIESGO = \sqrt{\sum_J \sum_K A_J A_K COVAR_{JK}}$$

### 2.2.2.5 *Optimización del portafolio*

Modelo matemático de programación cuadrática propuesto por Markowitz – Tobon – takayama y Batterham

$$\text{MAX RENTABILIDAD} = \sum A_i \text{VARPPPI}$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$(\sum \sum A_i A_j \text{COVAR}_{ij})^{1/2} \leq B$$

$$\sum A_i = 100\%$$

$$A_i \geq 0$$

Dónde:  $A_i$  porcentaje de inversión en la acción “i”.

VARPPPI : Variación de los precios ponderados de las acciones

COVAR<sub>ij</sub> : Covarianza entre cada par de acciones del portafolio

B: Nivel deseado de riesgo

Para el análisis de las acciones y su relación entre sí, se utiliza la regresión simple lo cual permite un análisis entre cada par de acciones; cómo se comportan las dos acciones una respecto a la otra.

#### **2.2.2.6 La covarianza**

La covarianza indica la forma en que las variaciones de los precios de las acciones se comportan entre sí con respecto a la rentabilidad esperada de cada acción.

$$\text{Covarianza}(A_1, A_2) = (1/(n-1)) * \sum (A_{1i} - U_1)(A_{2i} - U_2)$$

Dónde:  $A1i$  = Variación de precio de la acción 1

$A2i$  = Variación de precio de la acción 2

$A1$  = Acción 1

$A2$  = Acción 2

$U1$  = rentabilidad esperada de la acción 1

$U2$  = rentabilidad esperada de la acción 2

Si  $(A1i - U1)$  es positivo y  $(A2i - U2)$  positivo, o  $(A1i - U1)$  es negativo y  $(A2i - U2)$  es negativo, se dice que la relación entre las dos acciones es directa. Si  $(A1i - U1)$  es positivo y  $(A2i - U2)$  negativo, o

$(A1i - U1)$  es negativo y  $(A2i - U2)$  es positivo, se dice que la relación entre las dos acciones es inversa, es decir, mientras una acción aumenta su variación de precio con respecto a la rentabilidad esperada, la otra acción disminuye su variación de precio frente a su rentabilidad esperada.

#### 2.2.2.7 *Coefficiente de correlación (r)*

El coeficiente de correlación, Indica el grado de relación entre las dos acciones. Determina si la relación entre las dos acciones es directa o inversa incluyendo el riesgo (las desviaciones estándar) respectivamente.

$$r = \frac{\text{COVARIANZA (A1,A2)}}{\text{RIESGO A1} * \text{RIESGO A2}}$$

Donde:

$R = -1$ , Si la correlación es perfecta e inversa



$R = 1$ , si la correlación es perfecta y directa.

$R = 0$ , quiere decir que las dos acciones no están correlacionadas

### 2.2.3 Las meta heurísticas (Moreno, 2004)

Antes de entrar a expresar que son las metas heurísticas se tratará un poco acerca del término Heurística. La idea más genérica del término heurístico está relacionada con la idea de resolver inteligentemente problemas reales usando el conocimiento disponible. Heurístico es el calificativo más apropiado para los procedimientos que empleando conocimientos acerca de un problema y de las técnicas aplicables; tratan de aportar soluciones (o acercarse a ellas) usando una cantidad de recursos (generalmente tiempo) razonable. En un problema de optimización, aparte de la condición que deben cumplir las soluciones factibles del problema se busca la que es óptima según algún criterio de comparación entre ellas.

Unas Heurísticas para resolver un problema de optimización pueden ser más generales o específicas que otras; los métodos heurísticos específicos deben ser diseñados a propósito para cada problema utilizando toda la información disponible y el análisis teórico del modelo, los procedimientos específicos bien diseñados suelen tener un rendimiento significativamente más alto que las heurísticas generales. Las Heurísticas más generales, por el contrario, presentan otro tipo de ventajas, como la sencillez, adaptabilidad y robustez de los procedimientos.

Entonces el término Meta heurística se obtiene de anteponer a Heurística el sufijo meta que significa “más allá”, o “a un nivel superior”. Los conceptos actuales de lo que es una meta heurística están basados en las diferentes interpretaciones de lo que es una forma inteligente de resolver un problema. Las meta heurísticas, son estrategias inteligentes para diseñar o mejorar procedimientos heurísticos muy generales con un alto rendimiento. Este término apareció por

primera vez en el artículo semanal sobre búsqueda tabú de Fred Glover en 1986. (Moreno, 2004)

A partir de entonces han surgido propuestas de pautas para diseñar buenos procedimientos para resolver ciertos problemas que, al ampliar su campo de aplicación, han adoptado la denominación de Meta heurística.

**Tipos de meta heurísticas.** Estos se establecen en primer lugar en función del tipo de procedimientos a los que se refiere; algunos de los tipos fundamentales son las meta heurísticas para los métodos de Relajación, las meta heurísticas para los procesos constructivos, las meta heurísticas para la búsqueda por entornos y las meta heurísticas para los procedimientos evolutivos.

- Las meta heurísticas de Relajación: Estas son estrategias para el empleo de relajaciones del problema en el diseño de heurísticas. Es decir; una relajación de un problema es un modelo simplificado obtenido al eliminar, debilitar, o modificar restricciones (u objetos) del problema real; en cualquier formulación siempre existe algún grado de simplificación lo que puede afectar en mayor o menor medida el ajuste a la realidad de los procedimientos de resolución y de las soluciones del problema propuestas. Los modelos muy ajustados a la realidad suelen ser muy difíciles de implementar exactamente, razón por la cual se acude a los modelos de relajación. Entre las Meta heurísticas de relajación se encuentran los métodos de relación lagrangiana o de restricciones subordinadas. (Moreno, 2004)

- Las meta heurísticas constructivas: Estas aportan soluciones del problema por medio de un procedimiento que incorpora iterativamente elementos a una estructura, inicialmente vacía que representa la solución. Estas meta heurísticas establecen estrategias para seleccionar las componentes con las que se construye una buena solución del problema. Entre las meta heurísticas primitivas en este contexto se encuentra la popular estrategia Voraz o Greedy.

- Las meta heurísticas evolutivas: Estas meta heurísticas, establecen estrategias para conducir la evolución en el espacio de búsqueda de conjunto de soluciones (usualmente llamadas poblaciones), esto con la intención de acercarse a la solución óptima con sus elementos. El aspecto fundamental de las heurísticas evolutivas consiste en la interacción entre los miembros de la población frente a las búsquedas que se guían por la información de soluciones individuales. Entre estas están los algoritmos Genéticos, Meméticos y los de estimación de distribuciones, es de anotar que el Algoritmo genético pertenece a esta meta heurística.

- Las meta heurísticas de búsqueda: Este es el tipo de meta heurística más importante porque establecen estrategias para recorrer el espacio de soluciones del problema transformando de forma iterativa soluciones de partida. Las búsquedas evolutivas se distinguen de estas en que es un conjunto de soluciones, generalmente llamado población de búsqueda el que evoluciona sobre el espacio de búsqueda.

Dentro de estas meta heurísticas de búsqueda están:

Búsqueda local: Una búsqueda local es un proceso que, dada la solución actual en la que se encuentra el recorrido, selecciona iterativamente una solución de su entorno. Las meta heurística de búsqueda local establecen pautas de selección de esta solución del entorno de la solución actual dando lugar a búsqueda locales heurísticas con alto rendimiento. Sin embargo, se suele asumir que las búsquedas locales solo modifican la solución que realiza el recorrido mediante una mejora en su propio entorno. El principal inconveniente de estas búsquedas es que quedan atrapadas en un óptimo local, una solución que no puede ser mejorada por un análisis local.

Búsqueda global: Estas incorporan pautas para tres formas básicas de escapar de los óptimos locales de baja calidad: volver a iniciar la búsqueda desde otra solución de arranque, modificar la estructura de entornos que se está aplicando y permitir movimientos o transformaciones de la solución de búsqueda que no sean de mejora. Surgen así respectivamente las meta heurísticas de

arranque múltiple las cuales establecen pautas para reiniciar de forma inteligente las búsquedas descendentes. Las meta heurísticas de entorno variable que modifican de forma sistemática el tipo de movimiento con el objeto de evitar que la búsqueda se quede atrapada por una estructura de entornos rígida. Y las meta heurísticas de búsqueda no monótonas estas también aplican movimientos de no mejora durante el recorrido de búsqueda.

Otras meta heurísticas de búsqueda:

Se han propuesto otras meta heurísticas de cierta relevancia, algunas de las cuales presentan como novedad estar inspiradas en distintos fenómenos de la naturaleza. Entre ellas se destacan las redes neuronales, las colonias de hormigas, las bandadas de aves o bancos de peces.

Desde que se publicaron los primeros escritos sobre el concepto de meta heurística se han desarrollado muchas investigaciones y aplicaciones en los distintos campos de la ciencia y toda clase de publicaciones sobre los resultados de dichas investigaciones, a continuación, se presentan las teorías publicadas sobre el Algoritmo del Búsqueda Dispersa, el cual será aplicado en la negociación de acciones, partiendo de las teorías que le dieron origen.

En general, las meta heurísticas de búsqueda por su descripción y análisis se realizan sobre problemas de optimización. Al respecto se dice “Un problema de optimización es aquel que implica encontrar un conjunto de soluciones candidatas alternativas a aquella que mejor satisface los objetivos” (Glover, 1995)

Según Glover, destacado autor de diversos escritos relacionados con el tema de las meta heurísticas, la Búsqueda Dispersa (Scatter Search- S.S.), es un procedimiento basado en conjunto de soluciones que evolucionan sobre el espacio de soluciones siendo la más representativa la de la cual opera sobre un conjunto de soluciones llamado conjunto de referencia, combinando esta para crear nuevas soluciones de modo que mejoren a las que la originaron, por esta razón se dice que es un método evolutivo. Sin embargo, a diferencia de otros métodos

evolutivos como los algoritmos genéticos la búsqueda dispersa no está fundamentada en la aleatorización sobre un conjunto relativamente grande de soluciones, sino en elecciones sistemáticas y estratégicas, sobre un conjunto pequeño. La búsqueda Dispersa se basa en el principio de que la información sobre la calidad o el atractivo de un conjunto de reglas, restricciones o soluciones puede ser utilizado mediante la combinación de esta en lugar de aisladamente. Una de las características más notables de la búsqueda dispersa, es que se basa en integrar la combinación de soluciones con la búsqueda local; esta búsqueda local es un proceso que dada la solución actual la que se encuentra en el recorrido, selecciona iterativamente una solución de su entorno.

#### 2.2.4 Algoritmo genético (Holland, s.f.)

Un algoritmo es una serie de pasos organizados que describe el proceso que se debe seguir, para dar solución a un problema específico.

En los años 1970, de la mano de John Holland, surgió una de las líneas más prometedoras de la inteligencia artificial, la de los *algoritmos genéticos*. Son llamados así porque se inspiran en la evolución biológica y su base genético-molecular. Estos algoritmos hacen evolucionar una población de individuos sometiéndola a acciones aleatorias semejantes a las que actúan en la evolución biológica (mutaciones y recombinaciones genéticas), así como también a una selección de acuerdo con algún criterio, en función del cual se decide cuáles son los individuos más adaptados, que sobreviven, y cuáles los menos aptos, que son descartados.

Los algoritmos genéticos forman parte de una familia denominada algoritmos evolutivos, que incluye las estrategias de evolución, la programación evolutiva y la programación genética. Dentro de esta última se han logrado avances curiosos:

En 1999, por primera vez en la historia, se concedió una patente a un invento no realizado directamente por un ser humano: se trata de una antena de forma extraña, pero que funciona perfectamente en las condiciones a las que estaba destinada. No hay, sin embargo, nada injusto en el hecho de que el autor del algoritmo genético del que salió la forma de la antena se haya atribuido la autoría de la patente, pues él escribió el programa e ideó el criterio de selección que condujo al diseño patentado.

Un algoritmo genético es un método de búsqueda dirigida basada en probabilidad. Bajo una condición muy débil (que el algoritmo mantenga elitismo, es decir, guarde siempre al mejor elemento de la población sin hacerle ningún cambio) se puede demostrar que el algoritmo converge en probabilidad al óptimo. En otras palabras, al aumentar el número de iteraciones, la probabilidad de tener el óptimo en la población tiende a 1 (uno).

### **Funcionamiento**

Los algoritmos genéticos establecen una analogía entre el conjunto de soluciones de un problema, llamado fenotipo, y el conjunto de individuos de una población natural, codificando la información de cada solución en una cadena, generalmente binaria, llamada cromosoma. Los símbolos que forman la cadena son llamados los genes. Cuando la representación de los cromosomas se hace con cadenas de dígitos binarios se le conoce como genotipo. Los cromosomas evolucionan a través de iteraciones, llamadas generaciones. En cada generación, los cromosomas son evaluados usando alguna medida de aptitud. Las siguientes generaciones (nuevos cromosomas), llamada descendencia, se forman utilizando dos operadores, de cruzamiento y de mutación.

#### Funcionamiento de un algoritmo genético básico

1. Se genera aleatoriamente la población inicial, que está constituida por un conjunto de cromosomas, que representan las posibles soluciones del problema. En caso de no hacerlo

aleatoriamente, es importante garantizar que, dentro de la población inicial, se tenga la diversidad estructural de estas soluciones para tener una representación de la mayor parte de la población posible o al menos evitar la convergencia prematura.

2. A cada uno de los cromosomas de esta población se aplicará la función de aptitud para saber qué tan "buena" es la solución que se está codificando.

3. Después de saber la aptitud de cada cromosoma se procede a elegir los cromosomas que serán cruzados en la siguiente generación.

4. Los cromosomas con mejor aptitud tienen mayor probabilidad de ser seleccionados.

5. El cruzamiento es el principal operador genético, representa la reproducción sexual, opera sobre dos cromosomas a la vez para generar dos descendientes donde se combinan las características de ambos cromosomas padres.

6. El AG se deberá detener cuando se alcance la solución óptima, pero ésta generalmente se desconoce, por lo que se deben utilizar otros criterios de detención. Normalmente se usan dos criterios: correr el AG un número máximo de iteraciones (generaciones) o detenerlo cuando no haya cambios en la población.

7. El problema de selección de variables se puede ver como un problema de optimización, ya que, si se quiere encontrar, bajo alguna heurística, el subconjunto de variables que potencialicen la diferenciación y las semejanzas de objetos de clases diferentes y de la misma clase respectivamente.

### **Esquema General del Algoritmo**

1. Inicializar aleatoriamente una población de soluciones a un problema, representadas por una estructura de datos adecuada.

2. Evaluar cada una de las soluciones, y asignarle una puntuación o fitness según lo bien que lo hayan hecho.

3. Escoger de la población la parte que tenga una puntuación mayor
4. Mutar (cambiar) y entrecruzar (combinar) las diferentes soluciones de esa parte escogida, para reconstruir la población.
5. Repetir un número determinado de veces, o hasta que se haya encontrado la solución deseada.

### **2.3 Marco normativo**

El marco legal que cubre las operaciones bursátiles dentro de la bolsa de valores de Colombia, recopila las leyes que reglamentan el funcionamiento del mercado de valores. Quizás la norma más relevante es la Ley 964 de 2005, por la cual se dictan normas generales y se señalan en ellas los objetivos y criterios a los cuales debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular las actividades de manejo, aprovechamiento e inversión de recursos captados del público que se efectúen mediante valores y se dictan otras disposiciones. (Bolsa de Valores de Colombia, 2004)

Igualmente se tiene un marco regulatorio amplio, donde se pueden citar:

- Ley 1266 de 2008: Por medio de la cual se dictan disposiciones generales del Habeas Data y se regula el manejo de la información contenida en bases de datos personales, en especial la Financiera, Crediticia, Comercial, de Servicios y la proveniente de Terceros Países y se dictan otras disposiciones.
- Ley 35 de 1993: Por la cual se dictan normas generales y se señalan en ellas los objetivos y criterios a los cuales debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular las actividades financiera, bursátil y aseguradora y cualquier otra relacionada con el manejo, aprovechamiento e inversión de recursos captados del público y se dictan otras disposiciones en materia financiera y aseguradora.



- Ley 45 de 1990: Por la cual se expiden normas en materia de intermediación financiera, se regula la actividad aseguradora, se conceden unas facultades y se dictan otras disposiciones.
- Ley 226 de 1995: Por la cual se desarrolla el artículo 60 de la Constitución Política en cuanto a la enajenación de la propiedad accionaria estatal, se toman medidas para su democratización y se dictan otras disposiciones.
- Ley 795 de 2003: Por la cual se ajustan algunas normas del Estatuto Orgánico del Sistema Financiero y se dictan otras disposiciones.
- Ley 546 de 1999: Por la cual se dictan normas en materia de vivienda, se señalan los objetivos y criterios generales a los cuales debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular un sistema especializado para su financiación, se crean instrumentos de ahorro destinado a dicha financiación, se dictan medidas relacionadas con los impuestos y otros costos vinculados a la construcción y negociación de vivienda y se expiden otras disposiciones.
- Ley 27 de 1990: Por la cual se dictan normas en relación con las bolsas de valores, el mercado público de valores, los depósitos centralizados de valores y las acciones con dividendo preferencial y sin derecho de voto.
- Ley 1328 de 2009: Por la cual se dictan normas en materia financiera, de seguros, del mercado de valores y otras disposiciones (Reforma Financiera).
- Ley 1314 de 2009: Por la cual se regulan los principios y normas de contabilidad e información financiera y de aseguramiento de información aceptados en Colombia, se señalan las autoridades competentes, el procedimiento para su expedición y se determinan las entidades responsables de vigilar su cumplimiento.
- Ley 510 de 1999: Por la cual se dictan disposiciones en relación con el sistema financiero y asegurador, el mercado público de valores, las Superintendencias Bancaria y de Valores y se conceden unas facultades.

Lo anterior lo podemos simplificar con la información suministrada por la ANDI (Asociación Nacional de Industriales), así:

El mercado de valores colombiano está altamente regulado y supervisado, y permite el libre movimiento de capital y la libre participación de los inversionistas. La Constitución colombiana establece los derechos de igualdad, libertad de asociación al igual que el derecho a la protección de la empresa, al promover la inversión local y extranjera a través del mercado de valores. El siguiente gráfico presenta el marco legal de las entidades regulatorias y de supervisión del mercado de valores en Colombia. (ANDI, 2013) [Ver Anexos](#)

## 2.4 Marco filosófico

El equipo investigador pretende con este proyecto, crear una herramienta que le permita al inversionista analizar, clasificar y ordenar un portafolio óptimo que le garantice la mejor rentabilidad al más bajo riesgo, de acuerdo con el perfil de riesgo de cada inversionista; también se busca generar una metodología alterna para disminuir el tiempo de análisis y poder tomar decisiones en plazos más cortos por parte del inversionista.

Por otro lado, se quiere demostrar que el uso de las metas heurísticas aplica para todos los campos del saber, y que su aplicabilidad no está limitada a la investigación de operaciones; todo lo contrario, la optimización de los suelos cultivables, el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, el enrutamiento de vehículos, entre otros; obedece directamente a las ventajas que trae consigo la aplicación de las metas heurísticas.

Finalmente, el equipo investigador busca propiciar la investigación y profundización en los mercados de capitales, para hacerlo más accesible al público en general y así construir un país con más desarrollo, donde el conocimiento reine por encima de la fuerza bruta, y que se genere

un mayor bienestar a toda la población del país con el desarrollo de herramientas financieras al alcance de todos.

## 2.5 Marco situacional

El estudio propuesto se llevará a cabo con las acciones ordinarias que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia, de donde se extraerán las bases de datos necesarias para conformar los análisis históricos de datos económicos y bursátiles de los títulos valores; quienes posteriormente serán preseleccionados con base en indicadores de:

- Riesgo
- Rentabilidad
- Liquidez
- Bursatilidad y/o Crecimiento

## 2.6 Glosario especializado (Corfinsura, 2006)<sup>3</sup>

Con el propósito de unificar significados de algunos términos utilizados en el presente estudio de investigación, a continuación, se presenta la definición correcta de estos términos:

*Acción*: título de propiedad de carácter negociable representativo de una parte alícuota del patrimonio de una sociedad o empresa. Otorga a sus titulares derechos que pueden ser ejercicios colectivamente y/o individualmente.

*Acción Ordinaria*: acción que tiene la característica de conceder a su titular ciertos derechos de participación en la sociedad emisora entre los cuales está el de percibir dividendos, y el voto en la Asamblea.

---

<sup>3</sup> Tomado de “Glosario de Términos Económicos” En:  
<http://www.corfinsura.com.co/espanol/glosario/dl/Glosarioterminos economicos.pdf>, 2005. p.

*Acción inactiva:* son las acciones que no han registrado cotizaciones que marquen precio en la Bolsa de Valores de Colombia en los últimos 30 días.

*Acción preferencial:* son acciones que tienen prioridad en el pago de dividendos o en el reembolso del capital en caso de liquidación. A cambio de ello, no poseen voto en las asambleas de accionistas.

*Acción privilegiada:* tiene un beneficio económico adicional por un periodo determinado que se materializa en el pago de dividendos.

*Acciones en circulación:* número de acciones emitidas por una sociedad que pueden ser libremente transadas en el mercado.

*Análisis Fundamental:* es el estudio de toda la información disponible en el mercado sobre el emisor del instrumento financiero y su entorno empresarial, financiero y económico con la finalidad de obtener su verdadero valor y así formular una recomendación de inversión. Este método recopila y analiza la información histórica pretendiendo anticipar el comportamiento futuro de un título que se cotiza y negocia en bolsa. (Supervalores, 2004)

*Análisis Técnico:* el análisis técnico de acciones pretende pronosticar las variaciones futuras de un instrumento bursátil basándose exclusivamente en la evolución de las cotizaciones a lo largo de un periodo de tiempo. Este estudio se realiza mediante el manejo de indicadores y gráficos que reflejan el precio de una acción y su volumen a través del tiempo, con el fin de determinar las tendencias futuras de los precios mediante el análisis de factores claves: el precio, el tiempo y el volumen de acciones negociadas. A partir de la información histórica de las variables precio, volumen de acciones transadas se pueden aplicar diferentes técnicas matemáticas y heurísticas para simular el comportamiento futuro de los títulos en el mercado y complementar el análisis fundamental y técnico básico.

*Bolsa de Valores:* establecimiento público o privado, donde personas calificadas realizan operaciones de compraventa de títulos valores. Es un mercado centralizado y regulado.

*Bursatilidad:* índice de acciones determinado según la frecuencia de transacción y el volumen promedio de transacciones realizadas en el mercado de acciones. Este índice es calculado mensualmente por la Superintendencia de Valores.

*Búsqueda Dispersa:* Es un procedimiento meta heurístico basado en formulaciones y estrategias, opera sobre un conjunto de soluciones, llamado conjunto de referencia para resolver problemas de optimización.

*Capital de Trabajo:* indica la disponibilidad de recursos para operar normalmente.

*Endeudamiento:* mide la proporción de activos totales financiados por los acreedores de la empresa. (Gitman & Zutter, 2012, pág. 54)

*IGBC:* el Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia, mide de manera agregada la variación de los precios de las acciones más representativas del mercado. El objetivo principal es representar las variaciones del conjunto de acciones más transadas de una manera fiel, de tal forma que cumpla el requisito de replicabilidad, es decir que a partir del mismo se pueda conformar un portafolio con las acciones del índice, base fundamental para la construcción de productos derivados.

*Índice de Bursatilidad Accionaria:* Clasifica una acción como de alta, media, baja o mínima bursatilidad. Mide la comerciabilidad o liquidez de una acción determinada por la frecuencia, el número de operaciones y volumen negociado mensualmente en el mercado secundario.

*Liquidez:* Mayor o menor facilidad con que se redime negocia o se convierte en efectivo un título valor en cualquier momento de acuerdo con el volumen y frecuencia con que se transe en bolsa.

*Liquidez bursátil:* Término que hace referencia al mercado en general o alguna acción específica. Cuando se trata de este último caso, indica la facilidad que en un momento dado se tendrá para comprar o vender determinada acción. El título de una empresa que mantenga un alto volumen de negociación accionaria por jornada, en relación con su número total de acciones tendrá una alta liquidez.

*Liquidez primaria:* Posibilidad de redimir la inversión en un título valor ante la entidad emisora del mismo.

*Liquidez secundaria:* Posibilidad de transar o vender la inversión o título en el mercado secundario de la bolsa donde se adquiere por un nuevo inversionista.

*Margen Neto:* mide el porcentaje de cada peso de ventas que queda después de que se han deducido todos los costos y gastos, incluyendo intereses, impuestos, y dividendos de acciones preferentes

*Margen Operacional:* mide el porcentaje de cada peso de ventas que queda después de deducir todos los costos y gastos que no son intereses, impuestos y dividendos en acciones preferentes.

*Mercado de renta variable:* el mercado de renta variable es aquel en donde la rentabilidad de la inversión está ligada a las utilidades obtenidas por la empresa en la cual se invirtió y por las ganancias de capital obtenidas por la diferencia entre el precio de compra y venta. Este mercado está compuesto por acciones, bonos convertibles en acciones-Bocas, derechos de suscripción y títulos provenientes de procesos de titularización donde la rentabilidad no está asociada a una tasa de interés específica.

*Meta heurística:* la heurística se refiere a una técnica, método o procedimiento inteligente de realizar una tarea que no es producto de un riguroso análisis formal, sino de conocimiento experto sobre la tarea.

*Oferta:* ofrecimiento de venta y/o compra de un determinado valor o activo negociable que contiene la información necesaria para identificarlo, divulgarlo y valorizarlo.

*OPA:* oferta Pública de Adquisición de Acciones inscritas en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios, realizada a través de la Bolsa de Valores de Colombia S.A. en una sesión de negociación por fuera del mercado normal de acciones. Las sesiones de negociación son a viva voz. De acuerdo con lo establecido por la normatividad del mercado público de valores, toda persona o grupo de personas que conformen un mismo beneficiario real, directamente o por interpuesta persona, solo podrá convertirse en beneficiario real de más del 10% de las acciones ordinarias en circulación de una sociedad, cuyas acciones se encuentren inscritas en una bolsa de valores, adquiriendo las acciones con las cuales se supere dicho porcentaje a través de una OPA dirigida a todos los titulares de tales acciones. De igual forma, Toda persona o grupo de personas que sea beneficiario real de más del 10% de las acciones ordinarias en circulación solo podrá incrementar, directamente o por Interpuesta persona, su participación en un porcentaje superior al 5% de las acciones ordinarias en circulación a través de una OPA dirigida a todos los titulares de dichas acciones.

*Periodo Ex dividendo:* lapso entre el primer día hábil de pago de dividendos de acciones y los diez (10) días hábiles bursátiles inmediatamente anteriores a tal fecha. Excepcionalmente el período ex-dividendo será menor cuando entre la fecha en que se decretan y se hacen exigibles los dividendos hubiere menos de once (11) días hábiles. En este evento, el periodo ex-dividendo será calculado entre el día hábil siguiente a la fecha en que fueron decretados los dividendos y el primer día hábil de pago de estos. Las transacciones que se realicen dentro del periodo ex-dividendo no transfieren el derecho a percibir los dividendos pendientes.

*Portafolio de inversión:* es una combinación de activos financieros poseídos por una misma persona, natural o jurídica. Un portafolio de inversión es diversificado cuando en el conjunto de

activos se combinan especies con rentabilidades, emisores, modalidades de pago de intereses y riesgos diferentes.

*Promotor de liquidez:* sociedad Comisionista obligada a intervenir en el mercado de acciones, sobre una especie determinada con el fin de proveerle liquidez. Son Sociedades Comisionistas de Bolsa que se han comprometido (por medio de un contrato) con un emisor de acciones a dar liquidez a los títulos de manera tal que quien esté interesado en transarlos, encuentre siempre una punta contraria a precio de mercado. Es decir, ellos deben asegurar la continuidad de las operaciones, considerando las condiciones del mercado con el fin de preservar la eficiente formación de precios.

*Razón Corriente:* mide la capacidad de la empresa para cumplir con sus deudas a corto plazo.

*Relación Precio Ganancia:* indicador que resulta de dividir el precio de mercado de una acción entre la utilidad por acción reportada por el emisor. Representa el número de períodos que se requieren, a este nivel de utilidades, para recuperar lo invertido.

*Riesgo:* es el grado de variabilidad o contingencia del retorno de una inversión. En términos generales se puede esperar que, a mayor riesgo, mayor rentabilidad de la inversión. Existen varias clases de riesgos: de mercado, solvencia, jurídico, de liquides, de tasa de cambio, riesgo de tasa de interés.

*Rentabilidad:* es la relación entre la utilidad proporcionada por un título y el capital invertido en su adquisición.

*Rentabilidad del Activo:* también conocido como rendimiento sobre la inversión, mide la efectividad total de la administración en la generación de utilidades. (Gitman & Zutter, 2012)

*Rentabilidad del Patrimonio:* Es decir la relación entre las utilidades y el patrimonio de la Compañía.



*Sociedad comisionista o sociedad comisionista de bolsa:* Designa el miembro activo de la Bolsa.

*Superintendencia de Valores:* es una entidad de servicio que tiene como fin especial organizar, regular y promover las actividades realizadas a través del Mercado Público de Valores.

*Utilidad por Acción:* representan la cantidad monetaria obtenida durante el periodo por cada acción ordinaria en circulación.

*Volumen transado:* Cantidad de acciones compradas y vendidas en un día, ya sean de una compañía determinada o de todo un mercado.

### **3. DISEÑO METODOLOGICO**

#### **3.1 Método de investigación**

El método de investigación utilizado es el método científico puesto que se realizará un trabajo sistemático de investigación, se tomarán y analizarán datos, la formulación, análisis y comprobación de una hipótesis, se aplicarán métodos o teorías para analizar la hipótesis y finalmente concluir sobre los datos obtenidos.

#### **3.2 Tipo de investigación**

Es de carácter cuantitativo, visto que se hace inferencia a la información de carácter numérico, recolección y análisis de variables como precio promedio ponderado, rentabilidad esperada, nivel de riesgo, entre otras; Se efectuaran diversas operaciones matemáticas.

#### **3.3 Tipo de estudio**

Descriptivo: describe el comportamiento de la rentabilidad y el riesgo del portafolio a través del área del conjunto eficiente y la medición de la probabilidad de ocurrencia del portafolio en cualquier punto del área.

#### **3.4 Universo**

El universo está conformado por las acciones de la bolsa de valores de Colombia clasificadas en:

- Acciones de alta Bursatilidad
- Acciones de media Bursatilidad
- Acciones de baja Bursatilidad

- Acciones de mínima Bursatilidad

### 3.5 Población o muestra

La población de estudio de esta investigación son algunas de las acciones que conforman el índice Icolcap, dependiendo de la rentabilidad, liquidez y riesgo.

### 3.6 Delimitación del estudio

El estudio está delimitado por las siguientes variables:

- Espacial: Bolsa de valores de Colombia
- Tipo de acciones: ordinarias y preferenciales.
- Temporal: se tomará el comportamiento histórico de un año.
- Temática: Ingeniería financiera, investigación de operaciones y mercado de capitales.

### 3.7 Variables e indicadores

Tabla 1 Variable e indicadores

VARIABLE	DESCRIPCION	CLASIFICACION	ESCALA	INDICADOR	SUBVARIABLE
Rentabilidad Esperada	Tasa que representa la variación del precio de la acción en el mercado de capitales	Cuantitativa intervalar	Números reales	Interés efectivo anual	Índice de sharpe
Riesgo	La variabilidad que tiene la rentabilidad esperada durante un periodo determinado	Cuantitativa intervalar	Números reales	Varianza	-Desviación estándar -Coeficiente de asimetría -Curtosis
Probabilidad	Probabilidad de ocurrencia de un portafolio dado el riesgo	Cuantitativa intervalar	Números reales	Área del conjunto eficiente	Integral con límites del área bajo la curva

Fuente: Elaboración propia

### 3.8 Instrumentos para recolección de información

La información sobre las acciones seleccionadas será extraída de (Bolsa de Valores de Colombia, 2004)

Tabla 2 Matriz de análisis

Cantidad	Emisor	Nemotécnico	Fecha diaria de Operación	Precio promedio ponderado	Volumen
----------	--------	-------------	---------------------------	---------------------------	---------

Fuente: Elaboración propia

Además, para cada una de las acciones seleccionadas se obtendrá la información referente a las características en (Superfinanciera, 2008)

Tabla 3 Características para la recolección de información

Características	
Tipo de acción	Índice de Tobin
Índice de Bursatilidad accionario	Sanciones
Relación precio ganancia	Índice de capitalización
Valor patrimonial	Probabilidad de pérdida

Fuente: Elaboración propia

Encuesta dirigida a una muestra de personas para establecer los perfiles del inversionista

- Conservador
- Moderado
- Agresivo

### 3.9 Etapas o fases de la investigación

- *Actividad 1:* Encuestar una muestra de inversionistas para elaborar los perfiles de acuerdo con el nivel de riesgo.

Tarea 1.1: Diseñar la encuesta

Tarea 1.2: Realizar la prueba piloto y ajustar la encuesta.

Tarea 1.3: Ejecutar el trabajo de campo para la captura de información, análisis de los datos e informe de los resultados finales obtenidos con la encuesta.

- *Actividad 2:* Preseleccionar las acciones de la bolsa de valores de Colombia.

Tarea 2.1: con base en los diferentes indicadores de rentabilidad, riesgo, y liquidez se preseleccionan las acciones de acuerdo con el índice de reconocimiento.

- *Actividad 3:* Elaborar el modelo de portafolio a través del algoritmo genético.

Tarea 3.1: Elaboración del símil de las variables y procedimientos del algoritmo genético con el problema del portafolio accionario.

Tarea 3.2: Se Determina la rentabilidad esperada, el riesgo, la correlación y la varianza para cada una de las acciones preseleccionadas.

Tarea 3.3: Se formula el modelo de Markowitz para medir el riesgo y la rentabilidad esperada del portafolio de acciones.

Tarea 3.4: Se elabora el procedimiento lógico para exponer como se aplica el algoritmo genético al portafolio de acciones.

- *Actividad 4:* Calcular la probabilidad de rentabilidad del portafolio de acuerdo con el nivel de riesgo.

Tarea 4.1: Construir el conjunto eficiente y graficarlo.

Tarea 4.2: Determinar las franjas de inversión de acuerdo con el perfil del inversionista.

Tarea 4.3: Se determina la función de la frontera eficiente y se calculan las probabilidades de los portafolios.

- *Actividad 5:* Solución del portafolio accionario como un modelo de programación no lineal.

Tarea 5.1: Elaborar el modelo de programación cuadrática para un modelo multiobjetivo.

Tarea 5.2: repetir el procedimiento varias veces para hallar varios portafolios óptimos.

Tarea 5.3: Se comparan los resultados obtenidos por los dos métodos

Tarea 5.4: elaborar las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

#### **4. DESARROLLO.**

En el presente capítulo se empieza a desarrollar de forma ordenada y sistémica, cada una de las actividades y tareas necesarias para optimizar el portafolio de acciones de renta fija bajo la óptica metodológica de Markowitz y posteriormente la utilización de la meta heurística de algoritmo genético.

Donde el primer paso, es iniciar con un perfilamiento de las características del inversionista en términos de riesgo y rentabilidad.

##### **4.1 Proceso realización de encuesta- Perfilamiento del inversionista.**

Para perfilar la clase de inversionista que podemos encontrar en el mercado en términos de riesgo y rentabilidad, es necesario realizar una indagación preliminar que permita identificar elementos sustanciales los cuales sean imperativos para el inversionista a la hora tomar decisiones financieras.

Dado lo anterior, es indispensable conocer algunas conductas propias del inversionista frente diferentes situaciones que puede brindar el mercado financiero actual; con esta necesidad explícita, se encuentra un trabajo de grado de la maestría en Administración Económica y Financiera de la Universidad Tecnológica de Pereira, elaborada el año 2016 por los Magísteres Eliana Orozco Hurtado y Jack Zori Alarcón Ramos, titulada: Gestión de un Portafolio Accionario a partir de las cadenas de Markov y análisis combinatorial entre el recocido simulado y MACD en la BVC<sup>4</sup>; en su investigación se realiza una indagación y perfilamiento de riesgo del

---

<sup>4</sup> Tesis de grado Maestría UTP, AÑO 2016 GESTION DE UN PORTAFOLIO ACCIONARIO A PARTIR DE LAS CADENAS DE MARKOV Y ANALISIS COMBINATORIAL ENTRE EL RECOCIDO SIMULADO Y MACD EN LA BVC

inversionista acorde a características relacionadas con el riesgo y la rentabilidad, evidenciando tres grandes tendencias o perfiles de inversión:

1. Agresivo.
2. Moderado
3. Conservador.

Cómo lo cita (EDUCA, 2017) Portal de Educación Financiera, *“Saber cuáles son las necesidades y objetivos de inversión actuales, cuál es el horizonte de inversión, la disponibilidad con la que necesitará el dinero, el nivel de riesgo con el que se siente más cómodo ayuda a definir el perfil del inversionista.”*

Por lo expuesto anteriormente, este equipo investigador trae a colación los resultados obtenidos por los magísteres Orozco y Alarcón en el trabajo de grado realizado el 2016, en aras de perfilar más fácilmente al inversionista dada la investigación de grado citada.

*En el mercado bursátil existen diferentes tipos de perfiles de acuerdo a sus características socioeconómicas, objetivos en el corto, mediano y largo plazo, necesidades individuales y diferentes formas de pensar, éstas son la base para decidir cómo se va realizar una inversión o como se va conformar un portafolio, por ende es importante identificar cual es el perfil de riesgo que mejor se adapte mediante una encuesta que consta de 8 preguntas teniendo en cuenta diferentes aspectos en la vida, forma de actuar y de pensar de los mismos. Estas preguntas abarcan aspectos generales como son edad, ingresos, gastos, metas de inversión, horizonte de inversión, y Nivel de riesgo. Todo esto con el fin de determinar a través de su tabulación y análisis el mejor escenario y características comunes para cada inversionista (Orozco & Alarcón, 2016, pág. 74).*





## 5. ENCUESTA PERFIL DE RIESGO<sup>5</sup>

**Objetivo:** Identificar el nivel de aversión al riesgo que normalmente las personas están dispuestas a asumir en una inversión de renta variable.

- ¿Qué edad tiene?
  - a) Menor a 35
  - b) Entre 35-60
  - c) Mayor a 60
- Pensando en el horizonte de tiempo y en el objetivo de sus inversiones, ¿por cuánto tiempo aproximado piensa conservar sus inversiones?
  - a) Menos de 1 año
  - b) Entre 1 y 3 años
  - c) Más de 3 años
- ¿Tiene ahorros para cubrir gastos a un caso imprevisto como desempleo u otros?
  - a) No, no podría cubrir los gastos del siguiente mes
  - b) Si, si podría cubrir por lo menos 3 meses de los gastos
  - c) Si, si podría cubrir más de 3 meses de los gastos
- Respecto al objetivo de sus inversiones, ¿con cuál de las siguientes afirmaciones se siente más cómodo?
  - a) Obtener una rentabilidad estable, así sea menor a la rentabilidad de otras alternativas de inversión. Esto es, tener un bajo riesgo de pérdida en las inversiones, pero también bajo potencial de alcanzar altas rentabilidades.

---

<sup>5</sup> Encuesta e información basada en el trabajo de grado “GESTION DE UN PORTAFOLIO ACCIONARIO A PARTIR DE LAS CADENAS DE MARKOV Y ANALISIS COMBINATORIAL ENTRE EL RECOCIDO SIMULADO Y MACD EN LA BVC

- b) Obtener una buena rentabilidad, teniendo en cuenta que el riesgo de pérdida en las inversiones se incrementa.
  - c) Obtener rentabilidades altas, teniendo en cuenta que el riesgo de pérdida en las inversiones podría ser muy alto
- Indique ¿qué porcentaje de sus bienes representa lo que planea invertir?
  - a) Menos del 10%
  - b) Entre el 10%-50%
  - c) Más del 50%
- ¿Qué relación desea tener entre rentabilidad-riesgo para su inversión?
  - a) Nunca arriesgaría la inversión inicial, aunque pierda oportunidades de ganar más dinero
  - b) Podría asumir ciertos riesgos, pero no me gusta que los precios varíen mucho
  - c) Busco alta rentabilidad, sabiendo que con esto puedo arriesgar a perder todo el dinero
- ¿Qué haría con su inversión si se enterara de una noticia negativa que pueda afectar el mercado o el precio de sus inversiones?
  - a) No arriesgo y defino vender inmediatamente
  - b) Me asesoro y arriesgo un poco y vendo solo una parte
  - c) Utilizaría técnicas de análisis y aprovecharía para ganar más dinero, aunque esto implique invertir mas
- ¿Usted le da o estaría dispuesto a darle seguimiento a sus inversiones?
  - a) Sí les daría seguimiento a las inversiones con fuentes propias de información económico-financiera

- b) Tengo la oportunidad de leer de vez en cuando noticias
- c) Solo leo o puedo leer lo que me envía mi agente corredor de bolsa

A través de la encuesta se establecieron los perfiles de riesgo en personas de diferentes edades; las respuestas en cada pregunta identificaron los perfiles de riesgo, así: Las N° 1, 3 y 8 tenían como objetivo perfilar al inversionista en cuanto a las características de edad, riesgo y disposición para el seguimiento a la inversión. Las preguntas 2, 4, 5, 6 y 7 tenían como objetivo perfilar al inversionista en cuanto a cantidad de ahorro para invertir y para los imprevistos, el objetivo de la inversión, decisión ante escenarios negativos y relación entre riesgo y rentabilidad.

Cada una de las preguntas tiene unos puntos otorgados así: preguntas 1,3 y 8 (A tiene 3 puntos, B 2 puntos y C 1 punto), para las preguntas 2, 4, 5, 6, 7 (A tiene 1 punto, B 2 puntos y C 3 puntos) y con base en estos puntos se determina el perfil inversionista.

Tabla 4 Ficha Técnica Encuesta

#### FICHA TÉCNICA ENCUESTA

Población Objetivo	Personas mayores 18 años
Diseño Muestra	Muestreo Direcccionado*
Muestra	164 encuestados
Fecha Realización	Junio 2016
Técnica Utilizada	Entrevista cara a cara

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5 Perfiles Riesgo Inversionistas

Perfil Inversionista	Características	Puntos Obtenidos
----------------------	-----------------	------------------

Conservador	Estabilidad patrimonio	8-12 Puntos
	Personas próximas jubilarse	
	Bajo Nivel Riesgo	
	Seguridad Inversiones	
Moderado	Inversiones tasas Fijas	13-16 Puntos
	Estabilidad y Crecimiento patrimonio	
	Inversiones Renta Fija y Renta Variable	
	Aceptan Rentabilidades negativas	
Agresivo	Medio Nivel Riesgo	Mayor o igual 17 Puntos
	Personas Edades 40-50 años	
	Crecimiento Patrimonio	
	Inversiones Renta Variable en un mayor porcentaje	
	Alto nivel riesgo	
	Personas Jóvenes	
	No prestan atención volatilidades corto plazo	

Fuente: Elaboración propia.

Después de aplicar la encuesta a las 164 personas se logra identificar que el 55% de las personas encuestadas tienen un perfil Agresivo, el 24% un perfil Moderado y el 21% un perfil Conservador. Las 164 personas encuestadas pertenecen a estratos socioeconómicos medio-alto, dado que son estas las que están dispuestas a invertir capitales más altos, y que a su vez tienen algún conocimiento en inversiones de mediano y largo plazo. Dado que no se tenían estudios previos donde se identifiquen claramente cuál es la población geográfica (Ciudades o departamentos de Colombia), a quienes se les pueda encuestar bajo los lineamientos anteriores, el equipo investigador y director del proyecto, creen conveniente realizar esta encuesta enfocándose en los estudiantes de Maestría de Administración Económica y Financiera de la cohorte XXXI, al igual que familiares cercanos que cumplieran con el estrato socioeconómico determinado, y siempre buscando diversificar en los rangos de edades y académicos.

Tabla 6 Resultados Encuesta Perfil Riesgo Inversionista

Perfil Inversionista	Cantidad	
	Encuestas	%
Agresivo	91	55%
Moderado	39	24%
Conservador	34	21%
Total general	164	100%

Fuente: Elaboración propia.

Cabe aclarar que la determinación del tamaño de la muestra se debería determinar mediante la aplicación de un muestreo aleatorio simple, con una muestra mayor a 30 datos para obtener un comportamiento normalizado; igualmente la fórmula utilizada:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 S^2}{E^2}$$

donde;

n= Tamaño de la muestra

$Z_{\alpha}$ = Nivel de confianza (95%)

S= Varianza conocida.

E= Error de muestreo aceptable.

Sin embargo, y dado que los parámetros poblacionales son desconocidos por el grupo investigador, se realiza la encuesta metodológica a 164 personas, con el argumento explicado anteriormente.

Por otro lado, la encuesta tiene como rango de calificación de acuerdo con el perfil de cada inversionista, así:

Tabla 7. Puntaje de acuerdo con el perfil inversionista.

Perfil Inversionista	Puntos Obtenidos
Conservador	8-12 Puntos
Moderado	13-16 Puntos
Agresivo	Mayor o igual 17 Puntos

Fuente: Elaboración propia.

Es decir, con base en el número de preguntas de la encuesta (8), el rango de puntaje oscila con un mínimo de 8 y máximo de 24; este rango definido, aclara el por qué los valores de varianza y error de muestreo aceptable, definidos en estudios anterior, deben ser los establecidos inicialmente.

Con base en estos resultados se procede a identificar y comprobar cuáles son las características comunes que tienen este grupo de personas para así mismo establecer los portafolios de inversionistas diferentes a cada uno de los perfiles.

Tabla 8 Pregunta 1 Encuesta

Qué edad tiene	AGRESIVO	CONSERVADOR	MODERADO
Menor 35	1%	82.35%	17.95%
Entre 35-60	24%	17.65%	23.08%
Mayor 60	75%	0.00%	58.97%
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Al observar los resultados de la tabla anterior, se puede destacar que en el rango de los 35 años el 82.35% son de un perfil conservador cuando se trata de invertir en el mercado bursátil, por otra parte, el comportamiento de los posibles inversionistas se torna más agresivos cuando el

rango de edad aumenta, siendo las persona que superan los 60 años los de un perfil más agresivo con un 75% seguidos con 24% por los posibles inversionistas entre 35 a 60 años.

Además, en el perfil moderado se observa una escala ascendente a mediada que el rango de edad aumenta.

Tabla 9 Pregunta 2 Encuesta

<b>Conservar inversiones</b>	<b>AGRESIVO</b>	<b>CONSERVADOR</b>	<b>MODERADO</b>
Menos 1 año	8%	82.35%	23.08%
Entre 1- 3 Años	46%	17.65%	64.10%
Más de 3 Años	46%	0.00%	12.82%
<b>Total general</b>	<b>100%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

fuelle: Elaboración propia.

La tendencia que se refleja en tabla 9, da a comprender que el 82.35% del perfil conservador no es partidario de tener inversiones en periodos que no superen el 1 año desde el momento de la inversión; seguidamente las personas de un perfil moderado su modus de inversión los definen por retener un más las inversiones realizadas, por último los posibles inversionistas de un perfil agresivo tienden a permanecer con sus inversiones bursátiles un periodos extensos que le permitan obtener un posible mayor rentabilidad.

Tabla 10 Pregunta 3 Encuesta

<b>Tiene Ahorros</b>	<b>AGRESIVO</b>	<b>CONSERVADOR</b>	<b>MODERADO</b>
No tiene	23%	41.18%	15.38%



Sí, para 3 meses	51%	26.47%	53.85%
Sí, para más 3 meses	26%	32.35%	30.77%
<b>Total general</b>	<b>100%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

En lo relacionado a los niveles de ahorro de los posibles inversionistas según los perfiles, se puede observar que por cada uno de los periodos la capacidad de ahorro y durabilidad en el tiempo, varían según el perfil, el primer lugar con un 41.18% los conservadores no cuentan con niveles de ahorro, seguidos por los moderados con 53.85 para capacidad de ahorro por tres meses, y por último los agresivos con un 32,35% para periodos mayores a tres meses.

Tabla 11 Pregunta 4 Encuesta

<b>Objetivo Inversión</b>	<b>AGRESIVO</b>	<b>CONSERVADOR</b>	<b>MODERADO</b>
Rent Estable- bajo Riesgo	18%	67.65%	61.54%
Buena Rent-Riesgo Medio	55%	32.35%	35.90%
Rentab Alta- Riesgo Alto	27%	0.00%	2.56%
<b>Total general</b>	<b>100%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Para la tabla 11 donde se describe los resultados de la pregunta 4, lo más significativo es que un 61.54% de las personas de un perfil Moderado prefieren rentan estables y riegos bajos al momento de realizar la inversión en el mercado bursátil, saliendo en poco de la descripción de este perfil, pues su tendencia sería más hacia rentan de un nivel medio y riesgo no muy alto.

Tabla 12 Pregunta 5 Encuesta

**%Bienes**                      **AGRESIVO   CONSERVADOR   MODERADO**

**Invertiría**

Menos 10%	19%	82.35%	56.41%
Entre 10-50%	64%	17.65%	41.03%
Mas 50%	18%	0.00%	2.56%
<b>Total general</b>	<b>100%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

El 82.35% que se refleja en esta tabla al analizar la pregunta 5, describe la poca capacidad que tiene destinado los inversionistas de perfil Conservador, contrario al 64% del inversionista de perfil agresivo que destina más de capital para invertir.

Tabla 13 Pregunta 6 Encuesta

**Relación**

<b>Rentabilidad-Riesgo</b>	<b>AGRESIVO</b>	<b>CONSERVADOR</b>	<b>MODERADO</b>
No arriesgaría inversión	5%	82.35%	33.33%
Asumir cierto riesgo	69%	17.65%	64.10%
Alta rentabilidad independiente riesgo	25%	0.00%	2.56%
<b>Total general</b>	<b>100%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Si se tiene en cuenta que las personas de perfil agresivo representan un 69% en asumir cierto riesgo al momento de invertir en el mercado bursátil y cual esta con un mismo comportamiento de las personas de perfil moderado que representa un 64.10%.

Tabla 14 Pregunta 7 Encuesta

<b>Noticia Negativa Mercado</b>	<b>AGRESIVO</b>	<b>CONSERVADOR</b>	<b>MODERADO</b>
Vender Inmediatamente	4%	97.06%	43.59%
Asesoría y vende un poco	55%	2.94%	46.15%
Técnicas análisis para ver si puede invertir mas	41%	0.00%	10.26%
<b>Total general</b>	<b>100%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Aunque el 97.06% de personas con perfil moderado está dispuesta a vender sus acciones ante una noticia negativa en el mercado, también existen un gran porcentaje dispuesta a arriesga ante esta situación en el mercado.

Tabla 15 Pregunta 8 Encuesta

<b>Seguimiento Inversiones</b>	<b>AGRESIVO</b>	<b>CONSERVADOR</b>	<b>MODERADO</b>
Si	5%	41.18%	17.95%
De vez en cuando	13%	47.06%	30.77%
Leer poco	81%	11.76%	51.28%
<b>Total general</b>	<b>100%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Después de procesar los datos obtenidos por la encuesta se concluye que las variables que más influyen en un Perfil conservador son que no realizarían inversión en más del 10% de su patrimonio, en caso de que haya una caída en el mercado donde tiene inversiones tomaría la decisión de vender inmediatamente para no perder más dinero y prefieren inversiones de corto plazo, para un perfil Moderado las variables más influyentes son que asumirían cierto nivel de riesgo con tal de obtener una mayor rentabilidad y el tiempo de inversión sería a mediano plazo,

y para un perfil Agresivo es que asumirían riesgo y que el seguimiento a sus inversiones lo harían solo con información de un agente corredor de bolsa porque confía en el criterio.

Los perfiles se definen de la siguiente manera:<sup>6</sup>

- Conservador: Los inversionistas con perfiles conservadores buscan tener ganancias más o menos estables sin correr casi ningún riesgo. Aunque los rendimientos de sus inversiones no sean muy elevados, el inversionista conservador busca no preocuparse en absoluto por arriesgar lo que tiene ahorrado.
- Moderado: Como su nombre lo indica, el inversionista moderado tiende a ser cauteloso con sus decisiones, pero también toma riesgos en casos necesarios con el objetivo de maximizar sus ganancias. A este no le asusta tener algunas pérdidas, sin con ellas se incrementa la posibilidad de ganar algo extra.
- Agresivo: Esta clase de inversionistas corre riesgos en los mercados y opta por los instrumentos que prometen las ganancias más elevadas, sin importar si en un momento dado, se arriesga a perder la mayor parte de la inversión. Este tipo de personas prefieren portafolios de inversión en los que combinan fondos de renta variable, deuda a corto plazo y deuda a largo plazo (Finanzas Prácticas, 2016).

---

<sup>6</sup> Conclusiones acerca de los Perfiles inversionista, extraídas de la tesis de maestría “GESTION DE UN PORTAFOLIO ACCIONARIO A PARTIR DE LAS CADENAS DE MARKOV Y ANALISIS COMBINATORIAL ENTRE EL RECOCIDO SIMULADO Y MACD EN LA BVC”

### **5.1 Preselección de las acciones de la bolsa de valores de Colombia.**

Los datos analizados en esta investigación corresponden a las acciones que tuvieron movimientos de compra y venta en la Bolsa de Valores de Colombia, durante el periodo Enero-junio de 2017, arrojando un número de 60 acciones con variaciones en sus precios de bolsa.

Posteriormente a la recopilación de la variación de los precios en los últimos seis meses, la investigación también clasificará estas acciones mediante el indicador de reconocimiento (IR), indicador de liquidez (IBA) y haciendo uso la medición de variación precios (Rentabilidad-Riesgo- Probabilidad de pérdida).

Dado que el análisis de comportamiento de precios arrojó un total de 60 acciones con cotización en los últimos 6 meses, es necesario hacer un primer filtro de acciones de la BVC que permita tener una canasta de acciones que cuenten con un indicador de liquidez (IBA) y un indicador de reconocimiento (IR), ya calculado por la BVC; y para ello, se utiliza como primer filtro de preselección las acciones que están dentro de la canasta de índice de reconocimiento de la BVC, que para el primer semestre de 2017 estuvo compuesto por 28 acciones en promedio.

Lo anterior se justifica, dado que en la actualidad el acceso a la información, la confiabilidad de esta y la facilidad de comprensión para el inversionista en tiempo real; marca un factor preponderante en el momento de que el inversor tome una posición en el mercado con base en el conocimiento que posea acerca de la empresa afectada. En esta misma línea, la (Bolsa de valores de Colombia, 2013) argumenta y defiende el uso del índice de reconocimiento (IR), dado que:

Teniendo en cuenta que los inversionistas deben tomar decisiones de forma rápida y con base en información precisa y oportuna, la relación con inversionistas cobra gran importancia al reducir el tiempo de incertidumbre y volatilidad de la misma. Estudios académicos mencionan los beneficios obtenidos tras la implementación de programas efectivos de relación con inversionistas. Entre dichos beneficios se destacan

aumentos en la cobertura de analistas, seguimiento de los medios y mayores volúmenes de negociación. Adicionalmente, señalan que los equipos de relación con los inversionistas que adoptan mejores prácticas internacionales aumentan su elegibilidad por parte de inversionistas institucionales y extranjeros, reducen la volatilidad de sus valores y reducen sus costos de financiación.

#### 5.1.1 **Análisis de acciones usando el indicador de reconocimiento (IR), de la BVC.**

El índice de reconocimiento de la Bolsa de Valores de Colombia (IR), es definido como:

Un índice que está compuesto por las acciones de las empresas que cuentan con el Reconocimiento Emisores 013 IR (o 01CReconocimiento IR01D) en los términos de la Circular Única BVC y que hacen parte del COLIR, donde la participación de cada acción dentro del índice es determinada por el flotante de cada una de las especies (Bolsa de valores de Colombia, 2013).

El reconocimiento mencionado, es otorgado por la Bolsa de Valores de Colombia a los emisores que certifiquen el cumplimiento de mejores prácticas en materia de relación con los inversionistas y revelación de información a los inversionistas y al mercado en general. Dicho reconocimiento no implica certificación sobre la bondad de los valores inscritos ni sobre la solvencia del emisor (Bolsa de valores de Colombia, 2013, pág. 3).

Las empresas que están en la canasta del Índice de reconocimiento (IR), y que en Colombia está asociado al índice COLIR, deben cumplir con los siguientes requisitos estipulados por (BVC, 2017):

1. Realizar al menos un evento de entrega de resultados trimestral dirigido a inversionistas y analistas a través de alguno de los siguientes medios: conferencia, videoconferencia y/o teleconferencia.

2. Remitir el Anexo 49 de la Circular Única de la BVC, suscrito 2 por un representante legal, mediante el cual se acredite que el emisor, la sociedad titularizadora o la sociedad facultada legalmente para administrar emisiones, a la fecha de la solicitud del Reconocimiento IR, tiene publicada como mínimo en su página web, i) la información a la que hacen referencia los artículos 1.2.2. y 1.2.3. de la Circular Única de la Bolsa (información que se solicita a todos los emisores inscritos en la BVC) y ii) la información que se relaciona a continuación. Esta última deberá estar publicada en su totalidad, tanto en idioma inglés como en idioma español
3. Estructura empresarial informando las situaciones de subordinación y la relación con sociedad matriz o controlante, filiales y/o subordinadas principales en caso de que las hubiere
4. Descripción de los comités u órganos de apoyo a la Junta Directiva indicando sus funciones, su conformación y en el evento en que aplique, indicar el cargo que desempeñan en la compañía los miembros de dichos órganos.
5. Resumen de la hoja de vida de los representantes legales que a la fecha se encuentren publicados en el Registro Nacional de Valores y Emisores y miembros de la Junta Directiva, precisando aquellos que tienen la calidad de miembros independientes.
6. Informe de sostenibilidad en el evento de generarlo voluntariamente, el cual debe ser incluido en su página web, o documento o sección en su página web que incluya las prácticas de Responsabilidad Social Empresarial adoptadas por el emisor
7. Agenda de eventos corporativos que contenga por lo menos lo siguiente: i) Fechas de eventos de entrega de resultados (trimestrales y anuales), ii) Fecha en la que el emisor realizará eventos dirigidos a inversionistas y analistas, si aplica.

8. Presentación corporativa cuyo contenido mínimo debe ser el siguiente: i) Información general del emisor, ii) Breve descripción y principales líneas de negocio o productos, iii) Información financiera y principales indicadores financieros y, iv) Información de contacto.
9. Informe de gestión o documento que haga sus veces del último año o semestre, según corresponda, aprobado por la Asamblea General de Accionistas o el órgano competente.
10. Cuadro de dividendos por acción de los últimos cinco años, incluido el año actual, fecha en que fueron decretados y fecha de pago. Último texto del proyecto de distribución de utilidades aprobado por la Asamblea General de Accionistas o el órgano competente, si aplica.

El cálculo del Índice de reconocimiento COLIR, está dado así:

$$I(t) = E \sum_{i=1}^n W_i P_i(t)$$

El valor del COLIR será igual a la sumatoria del precio de cada acción que conforma la canasta del índice por el peso que tiene dentro de la misma ajustado por un factor de enlace.

Donde,

$I(t)$  = Valor del índice en el instante  $t$ .

$E$  = Factor de enlace mediante el cual se da continuidad al índice cuando se presente una recomposición de la canasta o en caso de darse eventos corporativos que lleven a variaciones en el índice.

$t$  = Instante en el cual se calcula el valor del índice.

$I$  = 1, 2, ...,  $n$  acciones que componen el índice.



$n$  = Número de acciones en el índice en el instante  $t$ .

$W_i$  = Ponderador de la acción  $i$  en el instante  $t$ .

$P_i$  = Precio de la acción  $i$  en el instante  $t$ .

Dado lo anterior, el índice COLIR promedio para el primer semestre de 2017 está compuesto por las siguientes 29 acciones:

Tabla 16 Índice COLIR primer Semestre 2017

<b>Nemotécnico</b>	<b>índice COLIR*</b>
PFBCOLOM	0,09917
GRUPOSURA	0,09531
ECOPETROL	0,07985
BCOLOMBIA	0,07748
NUTRESA	0,06819
GRUPOARGOS	0,06591
ISA	0,05913
PFAVAL	0,05479
CEMARGOS	0,05333
PFGRUPSURA	0,04665
PFGRUPOARG	0,04480
EEB	0,04421
PFDVVNDA	0,03416
EXITO	0,03381
BOGOTA	0,02766
PFCEMARGOS	0,02458
CLH	0,01990
CELSIA	0,01921
PFAVH	0,01109
PROMIGAS	0,01084
GRUPOAVAL	0,00807
TERPEL	0,00585
CNEC	0,00555
CONCRET	0,00349
BVC	0,00235
ETB	0,00228
ELCONDOR	0,00156
BBVACOL	0,00067

<u>Nemotécnico</u>	<u>índice COLIR*</u>
ODINSA	0,00029

Fuente: (Bolsa de valores de Colombia, 2013)

\*Índice COLIR promedio calculado para el primer semestre de 2017

En la tabla anterior, se encuentran los valores del índice de reconocimiento IR de la BVC para las acciones que cumplen las condiciones descritas, para el primer semestre de 2017; donde se evidencia, por ejemplo, que las cinco acciones mejor posicionadas en este índice son la Preferencial Bancolombia, Gruposura, Ecopetrol, Bancolombia ordinaria y Nutresa. Este ranking significa, que las acciones mejor calificadas tienen un canal de comunicación abierto, claro y preciso para el inversionista, quienes en cualquier momento pueden consultar y tomar sus decisiones financieras con base en la información que suministran las empresas emisoras.

Finalmente, las 29 acciones que se encuentran dentro del índice COLIR, serán aquellas a las cuales se centrará la investigación en analizar su Liquidez, Rentabilidad, Riesgo, Varianza y razón rentabilidad sobre riesgo.

### 5.1.2 Análisis de las acciones usando el índice de Bursatilidad Accionaria (IBA)

El índice de Bursatilidad Accionaria (IBA), mide la facilidad que tiene una acción en el mercado de valores colombiano, para ser vendida o comprada; lo que significa que refleja que tan líquida o transable es el título valor en el mercado accionario. Dicha medida es de vital importancia para el inversionista, dado que permite dar una primera idea al inversor, de la dificultad o no que podría presentar al momento de tomar una posición en el mercado.

El índice de Bursatilidad accionaria está determinado por los siguientes conceptos:

- Frecuencia de transacción: Corresponde al número de operaciones realizadas en promedio durante un mes.
- Volumen promedio de transacción: Corresponde al valor total de las operaciones efectuadas para cada acción, dividido por el número de operaciones efectuadas durante el período considerado (Resolución 638, 1998).

Igualmente, en la resolución 0638 de 1998 del 29 de septiembre, realizada por la entonces superintendencia de valores, se dictaban el cálculo y categorización de la bursatilidad accionaria, así:

- Se establecerá la ponderación relativa entre los conceptos frecuencia de transacción y volumen promedio de transacción, mediante regresión lineal aplicada sobre los mismos, de manera que se muestre la importancia relativa de las dos variables para cada una de las sociedades.
- Se obtendrá el indicador numérico de cada sociedad realizando una suma ponderada de la frecuencia de transacción y el volumen promedio de transacción (Resolución 638, 1998).

Se determinará la categorización de las acciones de la siguiente manera:

- Cada acción se representará por una pareja de valores correspondientes a los conceptos frecuencia de transacción y volumen promedio de transacción.

- Las acciones se clasificarán en las siguientes categorías de acuerdo con la distribución obtenida en el numeral anterior, utilizando la metodología estadística de análisis de conglomerados:

*CATEGORÍA    DESCRIPCION BURSATILIDAD*

*I    Mínima*

*II    Baja*

*III    Media*

*IV    Alta*

- Una vez realizada la categorización, se aplicará a los resultados obtenidos un proceso de suavización histórica de la clasificación de conglomerados.
- Posteriormente se utilizará la técnica estadística denominada análisis discriminante con el objeto de verificar la clasificación obtenida mediante el método de conglomerados.
- Finalmente se procederá a establecer un ordenamiento de las acciones para cada una de las categorías mediante la utilización del indicador numérico (Resolución 638, 1998).

La escala de la medición se encuentra de 0 a 10, donde cero es una acción con mínima bursatilidad, y diez es una acción con alta bursatilidad.

Ahora bien, la bursatilidad accionaria para el primer semestre de 2017 arroja mediciones mensuales para un promedio de 55 acciones por mes; sin embargo, y dado el alto volumen de acciones; se seleccionan las 29 acciones que tienen medición de bursatilidad y que a su vez tienen asociado el índice de reconocimiento IR de la BVC calculado en el literal anterior. Partiendo de esto, el listado de acciones con su respectivo índice de bursatilidad accionaria promedio para el primer semestre de 2017 es:

Tabla 17 Índice Bursatilidad Accionaria (IBA), acciones con reconocimiento IR- BVC (Enero –Junio 2017)

Nombre del título valor	Valor Indicador IBA Promedio*	Clasificación
ECOPETROL	10	IBA - ALTA BURSATILIDAD
PFBCOLOM	9,79138	IBA - ALTA BURSATILIDAD
EXITO	9,36144	IBA - ALTA BURSATILIDAD
PFAVH	9,357598333	IBA - ALTA BURSATILIDAD
PFAVAL	9,242633333	IBA - ALTA BURSATILIDAD
BCOLOMBIA	9,218913333	IBA - ALTA BURSATILIDAD
ISA	9,045675	IBA - ALTA BURSATILIDAD
GRUPOSURA	8,968645	IBA - ALTA BURSATILIDAD
PFDVVVDA	8,739551667	IBA - ALTA BURSATILIDAD
CEMARGOS	8,695371667	IBA - ALTA BURSATILIDAD
GRUPOARGOS	8,689435	IBA - ALTA BURSATILIDAD
PFGRUPSURA	8,659711667	IBA - ALTA BURSATILIDAD
CNEC	8,464086667	IBA - ALTA BURSATILIDAD
NUTRESA	8,462505	IBA - ALTA BURSATILIDAD
CLH	8,428251667	IBA - ALTA BURSATILIDAD
PFGRUPOARG	8,19648	IBA - ALTA BURSATILIDAD
CELSIA	8,046035	IBA - ALTA BURSATILIDAD
PFCEMARGOS	7,982241667	IBA - ALTA BURSATILIDAD
EEB	7,569171667	IBA - MEDIA BURSATILIDAD
ETB	7,565776667	IBA - MEDIA BURSATILIDAD
BOGOTA	7,338856667	IBA - MEDIA BURSATILIDAD
GRUPOAVAL	7,207056667	IBA - MEDIA BURSATILIDAD
CONCONCRET	7,191436667	IBA - MEDIA BURSATILIDAD
BVC	6,8479	IBA - MEDIA BURSATILIDAD
ELCONDOR	5,932173333	IBA - MEDIA BURSATILIDAD
TERPEL	5,624138333	IBA - BAJA BURSATILIDAD
PROMIGAS	5,125075	IBA - BAJA BURSATILIDAD
BBVACOL	4,61888	IBA - BAJA BURSATILIDAD
ODINSA	4,605853333	IBA - BAJA BURSATILIDAD
APF BBVA COLOMBIA	1,004035	IBA - MÍNIMA BURSATILIDAD

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se puede encontrar los valores del índice de bursatilidad promedio para el primer semestre de 2017 para las acciones que están en la canasta de acciones con reconocimiento IR de BVC; donde se observa que la acción más líquida o transable es la acción

de ECOPETROL ocupando el puesto número 1, la cual pertenece al sector de hidrocarburos y energéticos junto a la acción de ISA ubicada en el puesto número 7; ambas están catalogadas con alta bursatilidad, al igual que otras 16 acciones de diferentes sectores productivos y de servicios financieros y/o bancarios, como son PFBCOLOM, ÉXITO, PFAVH, PFAVAL, entre otras. Seguidamente, se tienen 7 acciones calificadas como de Media Bursatilidad, encabezada por la acción de EEB y ETB, siendo estas, acciones con un a liquidez menor a la acción de ECOPETROL, que sirve como referencia por ser la más líquida; y que a su vez tienen calificaciones de media tabla para bajo en el índice de reconocimiento IR. Por último, acciones como TERPEL, ODINSA y BBVACOL, tienen calificaciones de baja bursatilidad dado a que son poco transables en el mercado accionario colombiano y, por ende, son poco atractivas para los inversionistas, y que a su vez no tienen buenas calificaciones en el ranking de reconocimiento IR de BVC.

### **5.1.3 Análisis de las acciones usando las mediciones de Rentabilidad y Riesgo.**

Para el desarrollo de este análisis, se realiza la recolección de precios de las acciones que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia para el primer semestre de 2017, donde se pueden encontrar la data histórica de precios de 60 acciones que tuvieron movimiento en el espacio de tiempo determinado. Sin embargo, las acciones preseleccionadas para hallar la rentabilidad y riesgo son aquellas que están demarcadas en la canasta de acciones con reconocimiento IR para el mismo periodo de tiempo, lo que nos permite pasar de 60 acciones a 29. Cabe resaltar que las 31 acciones restantes tienen como características en común, no contar con el reconocimiento IR otorgado por la BVC, tener baja o mínima bursatilidad y no tener cotización constante en la data

histórica construida para el primer semestre de 2017; dentro de estas acciones podemos encontrar BIOMAX, BMC, EMPAQUES, ESTRA, POPULAR, TITAN, entre otras.

Para cada una de las acciones que hacen parte del análisis, se construyó día a día de negociación del primer semestre de 2017, el precio de cierre para calcular el retorno diario en cada uno de los 122 periodos transados, y para ello se utiliza la siguiente ecuación

$$R_t : \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

*Dónde:*

*R<sub>t</sub>: Retorno Acción en el periodo t*

*P<sub>t</sub> : Precio Promedio Acción en el periodo t*

*P<sub>t-1</sub>: Precio Promedio Acción en el periodo t-1*

La ecuación anterior representa el retorno de una acción en un periodo determinado t, y el objetivo principal es el calcular la rentabilidad esperada y el riesgo; y para ello la teoría de optimización de portafolios financieros expuesta por Harry Markowitz en 1952, precisa que, con base al promedio y desviación estándar respectiva de los retornos calculados anteriormente, se puede usar la siguiente ecuación para hallar el rendimiento esperado de una acción.

$$R_i = \frac{\sum R_t}{n}$$

*Donde:*

*R<sub>i</sub>: Rendimiento de la accion i*

*R<sub>t</sub>: Retorno de la accion i en el periodo t*

*n: Número de retornos calculados*

Para efectos prácticos, y dado que la tabla de evolución del precio de las acciones contempla 29 acciones y 122 periodos de negociación; se muestra a continuación solo el comportamiento de los precios de 10 acciones para los meses de enero y febrero de 2017, el total de la información se puede encontrar en el ANEXO A.



Tabla 18 Evolución de precios de cierre acciones con reconocimiento IR de BVC Enero- febrero de 2017.

fecha	PFBCOLOM	GRUPOSURA	ECOPETROL	BCOLOMBIA	NUTRESA	GRUPOARGOS	ISA	PFAVAL	CEMARGOS	PFGRUPSURA
2/01/2017	\$ 27.120	\$ 37.980	\$ 1.360	\$ 25.400	\$ 24.900	\$ 19.000	\$ 9.930	\$ 1.215	\$ 11.900	\$ 37.200
3/01/2017	\$ 27.640	\$ 38.000	\$ 1.380	\$ 25.500	\$ 24.840	\$ 19.120	\$ 9.960	\$ 1.220	\$ 11.880	\$ 36.700
4/01/2017	\$ 27.860	\$ 38.800	\$ 1.400	\$ 25.700	\$ 24.980	\$ 19.700	\$ 10.080	\$ 1.235	\$ 11.900	\$ 37.700
5/01/2017	\$ 27.840	\$ 38.600	\$ 1.415	\$ 25.700	\$ 25.060	\$ 19.680	\$ 10.140	\$ 1.230	\$ 11.980	\$ 37.620
6/01/2017	\$ 27.840	\$ 38.500	\$ 1.395	\$ 25.700	\$ 24.960	\$ 19.740	\$ 10.180	\$ 1.215	\$ 11.980	\$ 37.400
10/01/2017	\$ 28.280	\$ 38.200	\$ 1.390	\$ 26.000	\$ 24.860	\$ 19.680	\$ 10.140	\$ 1.205	\$ 11.820	\$ 37.500
11/01/2017	\$ 28.380	\$ 38.300	\$ 1.410	\$ 25.980	\$ 24.860	\$ 19.520	\$ 10.120	\$ 1.205	\$ 11.980	\$ 37.760
12/01/2017	\$ 28.180	\$ 38.200	\$ 1.400	\$ 25.860	\$ 24.760	\$ 19.500	\$ 10.100	\$ 1.220	\$ 11.780	\$ 37.680
13/01/2017	\$ 27.920	\$ 38.480	\$ 1.405	\$ 25.880	\$ 24.620	\$ 19.600	\$ 10.120	\$ 1.210	\$ 11.800	\$ 37.660
16/01/2017	\$ 27.700	\$ 37.860	\$ 1.400	\$ 25.640	\$ 24.420	\$ 19.320	\$ 10.060	\$ 1.215	\$ 11.820	\$ 37.320
17/01/2017	\$ 27.720	\$ 38.040	\$ 1.400	\$ 25.620	\$ 24.360	\$ 19.460	\$ 10.080	\$ 1.205	\$ 11.700	\$ 37.680
18/01/2017	\$ 27.840	\$ 38.380	\$ 1.390	\$ 25.420	\$ 24.220	\$ 19.500	\$ 10.160	\$ 1.210	\$ 11.700	\$ 37.420
19/01/2017	\$ 27.660	\$ 38.500	\$ 1.395	\$ 25.460	\$ 24.260	\$ 19.440	\$ 10.140	\$ 1.200	\$ 11.900	\$ 37.680
20/01/2017	\$ 27.660	\$ 38.260	\$ 1.385	\$ 25.460	\$ 24.000	\$ 19.480	\$ 10.140	\$ 1.185	\$ 11.700	\$ 37.580
23/01/2017	\$ 27.660	\$ 38.400	\$ 1.400	\$ 25.500	\$ 24.180	\$ 19.360	\$ 10.140	\$ 1.200	\$ 11.680	\$ 37.740
24/01/2017	\$ 27.740	\$ 38.840	\$ 1.400	\$ 25.540	\$ 24.200	\$ 19.780	\$ 10.200	\$ 1.210	\$ 11.840	\$ 38.140
25/01/2017	\$ 27.780	\$ 38.880	\$ 1.385	\$ 25.500	\$ 24.400	\$ 19.600	\$ 10.260	\$ 1.210	\$ 11.720	\$ 38.040
26/01/2017	\$ 28.160	\$ 38.820	\$ 1.390	\$ 25.700	\$ 24.260	\$ 19.680	\$ 10.400	\$ 1.215	\$ 11.900	\$ 38.300
27/01/2017	\$ 27.780	\$ 39.100	\$ 1.390	\$ 25.520	\$ 24.600	\$ 19.600	\$ 10.520	\$ 1.215	\$ 11.960	\$ 38.400
30/01/2017	\$ 27.620	\$ 39.300	\$ 1.370	\$ 25.500	\$ 24.340	\$ 19.420	\$ 10.500	\$ 1.220	\$ 11.800	\$ 38.400
31/01/2017	\$ 27.560	\$ 39.000	\$ 1.375	\$ 25.480	\$ 24.060	\$ 19.360	\$ 10.560	\$ 1.195	\$ 11.660	\$ 38.020
1/02/2017	\$ 27.580	\$ 39.060	\$ 1.395	\$ 25.300	\$ 23.900	\$ 19.500	\$ 10.480	\$ 1.200	\$ 11.680	\$ 38.400
2/02/2017	\$ 27.840	\$ 39.460	\$ 1.390	\$ 25.540	\$ 24.100	\$ 19.800	\$ 10.540	\$ 1.215	\$ 11.780	\$ 38.800
3/02/2017	\$ 27.800	\$ 39.480	\$ 1.385	\$ 25.560	\$ 24.380	\$ 19.900	\$ 10.640	\$ 1.220	\$ 11.880	\$ 38.680
6/02/2017	\$ 27.800	\$ 39.440	\$ 1.375	\$ 25.540	\$ 24.000	\$ 19.940	\$ 10.760	\$ 1.215	\$ 11.920	\$ 38.640
7/02/2017	\$ 27.480	\$ 39.300	\$ 1.355	\$ 25.300	\$ 23.800	\$ 19.900	\$ 10.620	\$ 1.220	\$ 11.880	\$ 38.480
8/02/2017	\$ 27.280	\$ 38.800	\$ 1.355	\$ 25.120	\$ 23.720	\$ 19.500	\$ 10.520	\$ 1.205	\$ 11.860	\$ 37.960
9/02/2017	\$ 27.220	\$ 38.260	\$ 1.355	\$ 25.120	\$ 24.000	\$ 19.240	\$ 10.600	\$ 1.210	\$ 11.700	\$ 37.320
10/02/2017	\$ 27.240	\$ 38.260	\$ 1.380	\$ 25.220	\$ 24.000	\$ 19.220	\$ 10.560	\$ 1.205	\$ 11.700	\$ 37.580
13/02/2017	\$ 27.300	\$ 38.480	\$ 1.375	\$ 25.220	\$ 24.040	\$ 19.600	\$ 10.740	\$ 1.200	\$ 11.780	\$ 37.760
14/02/2017	\$ 26.840	\$ 37.660	\$ 1.365	\$ 24.720	\$ 23.800	\$ 19.280	\$ 10.600	\$ 1.145	\$ 11.700	\$ 36.860
15/02/2017	\$ 27.300	\$ 38.000	\$ 1.365	\$ 24.920	\$ 23.940	\$ 19.440	\$ 10.700	\$ 1.145	\$ 11.760	\$ 37.140
16/02/2017	\$ 27.640	\$ 38.440	\$ 1.360	\$ 25.300	\$ 24.040	\$ 19.660	\$ 10.800	\$ 1.165	\$ 11.780	\$ 37.560
17/02/2017	\$ 27.340	\$ 38.740	\$ 1.350	\$ 25.060	\$ 24.040	\$ 19.700	\$ 10.840	\$ 1.170	\$ 11.800	\$ 37.560
20/02/2017	\$ 27.400	\$ 38.500	\$ 1.355	\$ 25.040	\$ 24.280	\$ 19.660	\$ 10.760	\$ 1.160	\$ 11.760	\$ 37.540
21/02/2017	\$ 27.200	\$ 38.100	\$ 1.345	\$ 25.020	\$ 24.280	\$ 19.760	\$ 10.780	\$ 1.150	\$ 11.740	\$ 37.480
22/02/2017	\$ 27.400	\$ 37.700	\$ 1.310	\$ 25.100	\$ 24.200	\$ 19.580	\$ 10.800	\$ 1.150	\$ 11.700	\$ 37.000
23/02/2017	\$ 27.820	\$ 37.500	\$ 1.335	\$ 25.460	\$ 24.160	\$ 19.800	\$ 10.980	\$ 1.155	\$ 11.860	\$ 36.120
24/02/2017	\$ 27.240	\$ 37.220	\$ 1.320	\$ 24.940	\$ 23.780	\$ 19.860	\$ 11.260	\$ 1.140	\$ 11.820	\$ 36.260
27/02/2017	\$ 27.680	\$ 36.880	\$ 1.335	\$ 25.300	\$ 23.700	\$ 19.880	\$ 11.220	\$ 1.155	\$ 11.780	\$ 36.000
28/02/2017	\$ 27.300	\$ 36.580	\$ 1.320	\$ 25.000	\$ 23.600	\$ 19.760	\$ 11.200	\$ 1.135	\$ 11.700	\$ 35.500

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior, corresponde en orden descendente a las acciones con mejor calificación en el índice de reconocimiento IR y Bursatilidad, evidenciando igualmente que para el periodo que contempla se contempla, todas las acciones tuvieron negociación en bolsa, dado que el precio corresponde a precio de cierre en el mercado de valores de Colombia.

Seguidamente, se calculan las mediciones de rentabilidad y riesgo, con base en las fórmulas expuestas anteriormente; las cuales vienen determinadas directamente por la variación de precios de las acciones. Como ejemplo, se muestra el paso a paso de cómo se halla la rentabilidad y riesgo para la acción PFBCOLOM:

Tabla 19 Variación porcentual de precios Acción PFBCOLOM enero de 2017.

fecha	PFBCOLOM	Variación %
2/01/2017	\$ 27.120	
3/01/2017	\$ 27.640	1,8993%
4/01/2017	\$ 27.860	0,7928%
5/01/2017	\$ 27.840	-0,0718%
6/01/2017	\$ 27.840	0,0000%
10/01/2017	\$ 28.280	1,5681%
11/01/2017	\$ 28.380	0,3530%
12/01/2017	\$ 28.180	-0,7072%
13/01/2017	\$ 27.920	-0,9269%
16/01/2017	\$ 27.700	-0,7911%
17/01/2017	\$ 27.720	0,0722%
18/01/2017	\$ 27.840	0,4320%
19/01/2017	\$ 27.660	-0,6487%
20/01/2017	\$ 27.660	0,0000%
23/01/2017	\$ 27.660	0,0000%
24/01/2017	\$ 27.740	0,2888%
25/01/2017	\$ 27.780	0,1441%
26/01/2017	\$ 28.160	1,3586%
27/01/2017	\$ 27.780	-1,3586%
30/01/2017	\$ 27.620	-0,5776%
31/01/2017	\$ 27.560	-0,2175%

Fuente: Elaboración propia

Tal como se muestra en la tabla anterior, la variación porcentual en el precio de las acciones entre días viene dada por la ecuación:

$$R_t : \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

Es decir, que el valor de variación hallado para el día 3 de enero corresponde a:

$$R_t = \ln\left(\frac{27640}{27120}\right) = 1,8993\%$$

Este mismo procedimiento se utiliza, para las 29 acciones seleccionadas con los 122 periodos de variaciones previstas, dicha información la podemos encontrar completa en el ANEXO B.

Sin embargo, lo importante de este cálculo, es que, al tener todas las variaciones porcentuales de las acciones, podemos hallar la rentabilidad esperada, aplicando la ecuación:

$$R_i = \frac{\sum R_t}{n}$$

Para el caso de la acción PFBCOLOM, se sabe que:

$$\sum R_t = 22,3144\%$$

$$n = 121$$

Estos datos corresponden a la información que podemos encontrar en el ANEXO B.

Por lo tanto;

$$R_i = \frac{22,3144\%}{121} = 0,1844\%$$

Es necesario hallar la varianza de los datos de variación porcentual, dado que la desviación estándar de esta varianza corresponde al riesgo asociado a la acción; y para ello se tiene:

Tabla 20 Rentabilidad, Varianza y Riesgo para la acción PFBCOLOM Primer semestre 2017.

ACCION	PFBCOLOM	Concepto
RENTABILIDAD	0,1844%	Promedio de la variación porcentual de los precios
VARIANZA	0,0151%	Varianza de las variaciones porcentuales de los precios
RIESGO	1,2268%	Raíz cuadrada de la varianza

Fuente: Elaboración propia

El resumen anterior, indica que durante el primer semestre de 2017 la acción PFBCOLOMB obtuvo una rentabilidad diaria promedio del 0,1844% con un riesgo asociado de 1,2268%.

Finalmente, el equipo investigador expone la siguiente tabla resumen, donde se van a encontrar todas las mediciones realizadas, iniciando por el ranking de índice de reconocimiento IR de la BVC, seguido de las calificaciones de bursatilidad de cada acción, para finalizar con los cálculos de rentabilidad, varianza y riesgo hallados a partir de las variaciones de precios de cierre de acción; todo ello para el periodo enero- junio de 2017.

Tabla 21. Resumen valoración de Acciones con reconocimiento IR Primer semestre de 2017.

Nemotécnico	índice COLIR*	Valor Indicador IBA Promedio*	Rentabilidad Esperada	Varianza	Riesgo	Rent/Riesgo
PFBCOLOM	0,09917	9,791	0,184%	0,015%	1,227%	15,032%
GRUPOSURA	0,09531	8,969	0,035%	0,007%	0,851%	4,057%
ECOPETROL	0,07985	10,000	0,012%	0,019%	1,366%	0,883%
BCOLOMBIA	0,07748	9,219	0,185%	0,012%	1,107%	16,729%
NUTRESA	0,06819	8,463	0,048%	0,006%	0,798%	6,061%
GRUPOARGOS	0,06591	8,689	0,072%	0,010%	0,975%	7,427%
ISA	0,05913	9,046	0,244%	0,012%	1,115%	21,875%
PFAVAL	0,05479	9,243	0,027%	0,010%	1,011%	2,648%
CEMARGOS	0,05333	8,695	-0,004%	0,013%	1,138%	-0,367%
PFGRUPSURA	0,04665	8,660	0,031%	0,007%	0,814%	3,802%
PFGRUPOARG	0,0448	8,196	0,091%	0,009%	0,936%	9,751%
EEB	0,04421	7,569	0,071%	0,008%	0,891%	7,921%
PFDAVVNDA	0,03416	8,740	0,100%	0,011%	1,071%	9,338%
EXITO	0,03381	9,361	0,019%	0,007%	0,815%	2,273%
BOGOTA	0,02766	7,339	0,036%	0,021%	1,459%	2,467%
PFCEMARGOS	0,02458	7,982	-0,009%	0,006%	0,773%	-1,199%
CLH	0,0199	8,428	0,033%	0,014%	1,193%	2,779%
CELSIA	0,01921	8,046	0,113%	0,008%	0,909%	12,475%
PFAVH	0,01109	9,358	-0,311%	0,048%	2,184%	-14,255%
PROMIGAS	0,01084	5,125	N/A	N/A	N/A	N/A
GRUPOAVAL	0,00807	7,207	0,034%	0,014%	1,179%	2,850%
TERPEL	0,00585	5,624	N/A	N/A	N/A	N/A
CNEC	0,00555	8,464	0,007%	0,023%	1,516%	0,440%
CONCONCRET	0,00349	7,191	-0,090%	0,018%	1,335%	-6,768%
BVC	0,00235	6,848	0,133%	0,013%	1,119%	11,877%
ETB	0,00228	7,566	0,024%	0,007%	0,808%	3,024%
ELCONDOR	0,00156	5,932	N/A	N/A	N/A	N/A
BBVACOL	0,00067	4,619	N/A	N/A	N/A	N/A
ODINSA	0,00029	4,606	N/A	N/A	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia

La información que resumen la tabla anterior se puede interpretar de innumerables formas, dada la gran cantidad de información condensada; sin embargo, cabe resaltar:

1. Las acciones que están en rojo, no tuvieron mediciones de rentabilidad, varianza, riesgo y razón rentabilidad sobre riesgo, debido a que en el lapso de tiempo estudiado, fueron muy irregulares en las negociaciones, es decir, de los 122 periodos analizados; solo tuvieron negociaciones en bolsa en promedio menos de 60 días, y dada que la condición es que presente cotizaciones diarias en aras de garantizar la continuidad en la frontera eficiente

de rentabilidad y riesgo, estas acciones no pueden tener cálculos asociados a estas mediciones.

2. Las acciones pertenecientes a la canasta de reconocimiento IR de la BVC, fueron valoradas por 6 grandes mediciones, y se realiza una preselección de acciones donde las sombreadas de color verde se encuentran los 10 mejores resultados por cada indicador; por ejemplo, las acciones que en el periodo analizado tuvieron mayor rentabilidad esperada son PFBBVACOL, BCOLOM, NUTRESA, GRUPOARGOS, ISA. Entre otras.
3. Después de realizar el resumen en la tabla anterior, con las respectivas mediciones; se procede a llevar esta información a la optimización de un portafolio mediante la metodología de MARKOWITZ, el cual busca la máxima rentabilidad y el mínimo riesgo; y para ello se llevarán al modelo de optimización de portafolio financiero, las 14 acciones mejor calificadas de acuerdo con los indicadores expuestos, y estas son:

Tabla 22. Acciones Preseleccionadas para aplicar modelo de Optimización de MARKOWITZ

<b>Nemotécnico</b>
<b>PFBCOLOM</b>
<b>GRUPOSURA</b>
<b>ECOPETROL</b>
<b>BCOLOMBIA</b>
<b>NUTRESA</b>
<b>GRUPOARGOS</b>
<b>ISA</b>
<b>PFAVAL</b>
<b>CEMARGOS</b>
<b>PFGRUPSURA</b>
<b>PFGRUPOARG</b>
<b>EEB</b>
<b>PFDVVNDA</b>
<b>EXITO</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Resolución de portafolio usando el modelo de optimización de MARKOWITZ.

Para dar solución al interrogante de cómo debe estar conformado el portafolio financiero óptimo que minimice el riesgo y maximice la rentabilidad; se hace uso de la argumentación hecha por MARKOWITZ para la optimización de un portafolio financiero, donde se parte de la aseveración de que *“el riesgo del portafolio financiero conformado por acciones de renta variable es menor a la sumatoria de los riesgos individuales de cada acción”*.

Para ello, cabe recordar el modelo matemático propuesto por MARKOWITZ para la resolución de este problema:

Ilustración 2. Modelo de la Teoría Moderna del Portafolio (TMP) de Markowitz.

$$\bar{R}_p = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \bar{R}_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \quad (1)$$

donde:

$x_i$  = Peso de cada uno de los activos individuales que conforman el portafolio.

$\bar{R}_i$  = Rendimientos esperados de los activos individuales.

$\bar{R}_p$  = Rendimiento promedio del portafolio.

Mientras que la varianza del portafolio se expresa con la siguiente ecuación:

$$\sigma_p^2 = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N x_j x_k \sigma_{j,k} \quad (2)$$

donde:

$x_j, x_k$  = Representan los pesos dentro del portafolio de los activos  $j, k$ .

$N$  = número de empresas que forman parte del portafolio

= Covarianzas  $j, k$ .

$\sigma_p^2$  = Varianza de portafolio.

$\sigma_{j,k} = \sigma_j^2 = \sigma_k^2$ , si  $j = k$

Fuente: Análisis de portafolio por sectores mediante el uso de algoritmos genéticos: caso aplicado a la

Bolsa Mexicana de Valores, año 2014; Rodríguez García, Méndez Sáenz, Garza Sánchez.

Dado el marco teórico anterior, se tiene la siguiente información correspondiente a las acciones preseleccionadas anteriormente:

Tabla 23. Rentabilidad, Varianza y Riesgo por acción de acciones Preseleccionadas de la BVC.

ACCION	PFBCELOM	GRUPOSURA	ECOPETROL	BCOLOMBIA	NUTRESA	GRUPOARGOS	ISA	PFAVAL	CEMARGOS	PFGROUPSURA	PFGROUPOARG	EEB	PFDVVNDA	EXITO
RENTABILIDAD	0,1844%	0,0345%	0,0121%	0,1852%	0,0483%	0,0724%	0,2440%	0,0268%	-0,0042%	0,0310%	0,0913%	0,0706%	0,1000%	0,0185%
VARIANZA	0,0151%	0,0072%	0,0187%	0,0123%	0,0064%	0,0095%	0,0124%	0,0102%	0,0129%	0,0066%	0,0088%	0,0079%	0,0115%	0,0066%
RIESGO	1,2268%	0,8510%	1,3659%	1,1071%	0,7977%	0,9750%	1,1153%	1,0110%	1,1379%	0,8142%	0,9361%	0,8911%	1,0713%	0,8148%
POS PERDIDA	44,0256%	48,3821%	49,6476%	43,3572%	47,5837%	47,0397%	41,3423%	48,9438%	50,1465%	48,4835%	46,1160%	46,8432%	46,2799%	49,0932%
RENT/RIESGO	15,0320%	4,0565%	0,8833%	16,7286%	6,0606%	7,4271%	21,8749%	2,6479%	-0,3671%	3,8023%	9,7511%	7,9213%	9,3385%	2,2733%
PARTICIPACION	13,8974%	3,7503%	0,8166%	15,4659%	5,6031%	6,8665%	20,2237%	2,4480%	0,3394%	3,5153%	9,0151%	7,3234%	8,6336%	2,1017%

Fuente: Elaboración Propia. Cálculos realizados con base en la data histórica de precios de las acciones primer semestre 2017.

Tabla 24. Tabla de Varianzas y Covarianza entre acciones.

ACCION I	ACCION J	COVARIANZA	CORRELACION
PFBCELOM	GRUPOSURA	0,0010%	9,9329%
PFBCELOM	ECOPETROL	0,0029%	17,3005%
PFBCELOM	BCOLOMBIA	0,0117%	86,8529%
PFBCELOM	NUTRESA	0,0027%	28,2029%
PFBCELOM	GRUPOARGOS	0,0024%	19,9005%
PFBCELOM	ISA	0,0029%	21,1528%
PFBCELOM	PFAVAL	0,0051%	41,2399%
PFBCELOM	CEMARGOS	0,0003%	1,9284%
PFBCELOM	PFGROUPSURA	0,0016%	16,5791%
PFBCELOM	PFGROUPOARG	0,0034%	30,1991%
PFBCELOM	EEB	0,0005%	4,6378%
PFBCELOM	PFDVVNDA	0,0035%	27,2170%
PFBCELOM	EXITO	0,0013%	13,1414%

Fuente: Elaboración Propia.



La información anterior, muestra mediciones realizadas a las 14 acciones preseleccionadas; con base en las variaciones de las cotizaciones presentadas a lo largo del primer semestre de 2017, se determina parámetros fundamentales para cada uno de los títulos valores como la rentabilidad, Varianza y riesgo.

Seguidamente se encuentra la matriz de varianza y covarianza, la cual se construye igualmente con las cotizaciones diarias de las acciones para el periodo de tiempo determinado en el estudio; para el cálculo de esta variable, se ejemplifica la combinación de las acciones entre sí, es decir, para el primer caso la acción I (PFBCOLOMB) se combina con las restantes 13 acciones denominadas acciones J, lo que da como resultado 13 resultados de covarianzas y correlaciones, las cuales son subordinadas a los valores de cotización diaria que están anexos en el trabajo; posteriormente se hace la combinación de la segunda acción con las doce acciones restantes y así sucesivamente hasta obtener una matriz de covarianza y correlaciones de 91 combinaciones posibles sin repeticiones.

Posterior a los cálculos hechos, se tiene una matriz de resultados de inversión en cada acción con su respectiva rentabilidad y riesgo, ahora bien, lo más importante en esta matriz, es cuál es el porcentaje a invertir en cada título, y que esto depende de diferentes escenarios de rentabilidad deseada pero bajo la premisa de mínimo riesgo; lo que equivale a decir, que con base a las 14 acciones preseleccionadas y sus variables halladas asociadas a cada una, se determina qué porcentaje de inversión tiene cada acción en la conformación del portafolio y por ende ese portafolio que rentabilidad y riesgo tendría como resultante.

Partiendo de lo expuesto anteriormente, las primeras coordenadas de riesgo y rentabilidad que se deben hallar son las de la máxima utilidad y mínimo riesgo por separado, y para ello se procede así:

- Mínimo Riesgo: Para determinar los porcentajes de inversión de cada acción, la rentabilidad y riesgo del portafolio; se hace uso de la herramienta de SOLVER de Excel, de la siguiente forma:

Ilustración 3. Cálculo del riesgo mínimo del portafolio usando SOLVER, Optimización MARKOWITZ

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: ☐ Máx ☒ Mín ☐ Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

INVERSION >= 0  
INVERSION\_TOTAL = 1

☒ Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

Agregar  
Cambiar  
Eliminar  
Restablecer todo  
Cargar/Guardar  
Opciones

Fuente: Tomado del programa Solver, complemento de Excel

La celda objetivo es el riesgo de portafolio, la cual debe ser minimizada lo máximo posible; las celdas cambiantes o que deben cambiar de valores son los porcentajes de inversión; finalmente se está sujeto a dos restricciones; la primera, donde la suma del total de las inversiones hechas debe ser superior a cero, y la segunda, que estas inversiones no deben superar el 100%. Aplicado lo anterior se obtiene:

Tabla 25. Resultado primer escenario de Mínimo riesgo del portafolio

PONDERACION DE LA INVERSION					
ACCION I	INVERSION	RENTABILIDAD	RIESGO	VARIANZA	%A <sub>I</sub> <sup>2</sup>
PFBCOLOM	0,0%	0,184%	1,227%	0,015%	0,0000%
GRUPOSURA	12,7%	0,035%	0,851%	0,007%	1,6244%
ECOPETROL	0,0%	0,012%	1,366%	0,019%	0,0000%
BCOLOMBIA	13,4%	0,185%	1,107%	0,012%	1,7859%
NUTRESA	7,5%	0,048%	0,798%	0,006%	0,5666%
GRUPOARGOS	0,0%	0,072%	0,975%	0,010%	0,0000%
ISA	1,7%	0,244%	1,115%	0,012%	0,0290%
PFAVAL	0,0%	0,027%	1,011%	0,010%	0,0000%
CEMARGOS	0,0%	-0,004%	1,138%	0,013%	0,0000%
PFGRUPSURA	0,0%	0,031%	0,814%	0,007%	0,0000%
PFGRUPOARG	17,6%	0,091%	0,936%	0,009%	3,0820%
EEB	23,4%	0,071%	0,891%	0,008%	5,4585%
PFDVVNDA	0,0%	0,100%	1,071%	0,011%	0,0000%
EXITO	23,7%	0,019%	0,815%	0,007%	5,6370%
Total	100,0%				

## PORTAFOLIO

RENTABILIDAD	0,0739%
VARIANZA	0,0026%
RIESGO	0,5062%
RENT/RIESGO	14,5902%

Fuente: Tomado del programa Solver, complemento de Excel

La tabla anterior, arroja varios resultados, donde se resaltan los porcentajes de inversión que se deben realizar para obtener el mínimo riesgo, sin tener en cuenta la rentabilidad; esta última se calcula con la ponderación de cada inversión multiplicada por la rentabilidad unitaria de cada acción. La varianza viene denotada por la combinación factores de la matriz de covarianzas, las varianzas de cada una de las acciones y las inversiones realizadas en cada título; y por último el riesgo es la raíz cuadrada de esa varianza y que a su vez fue la variable optimizada.

- **Máxima Rentabilidad:** La máxima rentabilidad que puede tener el portafolio viene supeditado a la rentabilidad que se obtiene invirtiendo todo en la acción con mayor rentabilidad, que para este caso es invertir el 100% en la acción ISA, la cual tiene una rentabilidad del 0,2440% y un riesgo 1,1153%.

Tabla 26. Resultado segundo escenario Máxima rentabilidad del portafolio

PONDERACION DE LA INVERSION					
ACCION I	INVERSION	RENTABILIDAD	RIESGO	VARIANZA	% A <sub>I</sub> <sup>2</sup>
PFBCOLOM	0,0%	0,184%	1,227%	0,015%	0,0000%
GRUPOSURA	0,0%	0,035%	0,851%	0,007%	0,0000%
ECOPETROL	0,0%	0,012%	1,366%	0,019%	0,0000%
BCOLOMBIA	0,0%	0,185%	1,107%	0,012%	0,0000%
NUTRESA	0,0%	0,048%	0,798%	0,006%	0,0000%
GRUPOARGOS	0,0%	0,072%	0,975%	0,010%	0,0000%
ISA	100,0%	0,244%	1,115%	0,012%	100%
PFAVAL	0,0%	0,027%	1,011%	0,010%	0,0000%
CEMARGOS	0,0%	-0,004%	1,138%	0,013%	0,0000%
PFGRUPSURA	0,0%	0,031%	0,814%	0,007%	0,0000%
PFGRUPOARG	0,0%	0,091%	0,936%	0,009%	0,0000%
EEB	0,0%	0,071%	0,891%	0,008%	0,0000%
PFDVVNDA	0,0%	0,100%	1,071%	0,011%	0,0000%
EXITO	0,0%	0,019%	0,815%	0,007%	0,0000%
Total	100,0%				

## PORTAFOLIO

RENTABILIDAD	0,2440%
VARIANZA	0,0124%
RIESGO	1,1153%
RENT/RIESGO	21,8749%

Fuente: Tomado del programa Solver, complemento de Excel

Para este caso, la rentabilidad y riesgo del portafolio, es la misma rentabilidad y riesgo de la acción en la cual si hizo una inversión del 100%.

En consecuencia, el resto de las coordenadas que hacen parte de la frontera eficiente del portafolio; deben estar contenidas en los límites mínimos y máximo de riesgo y rentabilidad establecidos anteriormente. Por ende, la construcción de la frontera eficiente se lleva a cabo mediante la generación de escenarios, donde se define la diferencia entre la máxima y mínima rentabilidad y se crean 11 intervalos; es decir, la diferencia entre mínima y máxima rentabilidad (MAX 0,2440% - MIN 0,0739%) es de 0,1701%, generando 11 intervalos así:

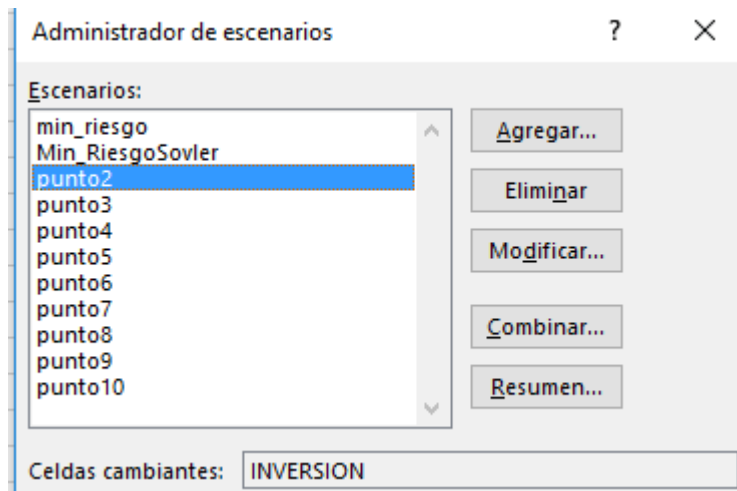
Tabla 27. Construcción de coordenadas para la frontera eficiente del Portafolio conformado

	RIESGO	RENTABILIDAD
Max ren	1,1153%	0,2440%
		0,2270%
		0,2099%
		0,1929%
		0,1759%
		0,1589%
		0,1419%
		0,1249%
		0,1079%
		0,0909%
min ries	0,5062%	0,0739%

Fuente: Elaboración Propia

Con la información de las rentabilidades anteriores, se deben hallar los riesgos asociados a cada rentabilidad de portafolio, y para ello se realizan escenarios en Excel así:

Ilustración 4. Construcción y Generación de escenarios en Excel dada una rentabilidad.



Fuente: Tomado de Excel

Al construir y simular los escenarios, donde intervienen cada una de las rentabilidades definidas anteriormente, y que a su vez hacen parte de la frontera eficiente; se obtienen los siguientes resultados:

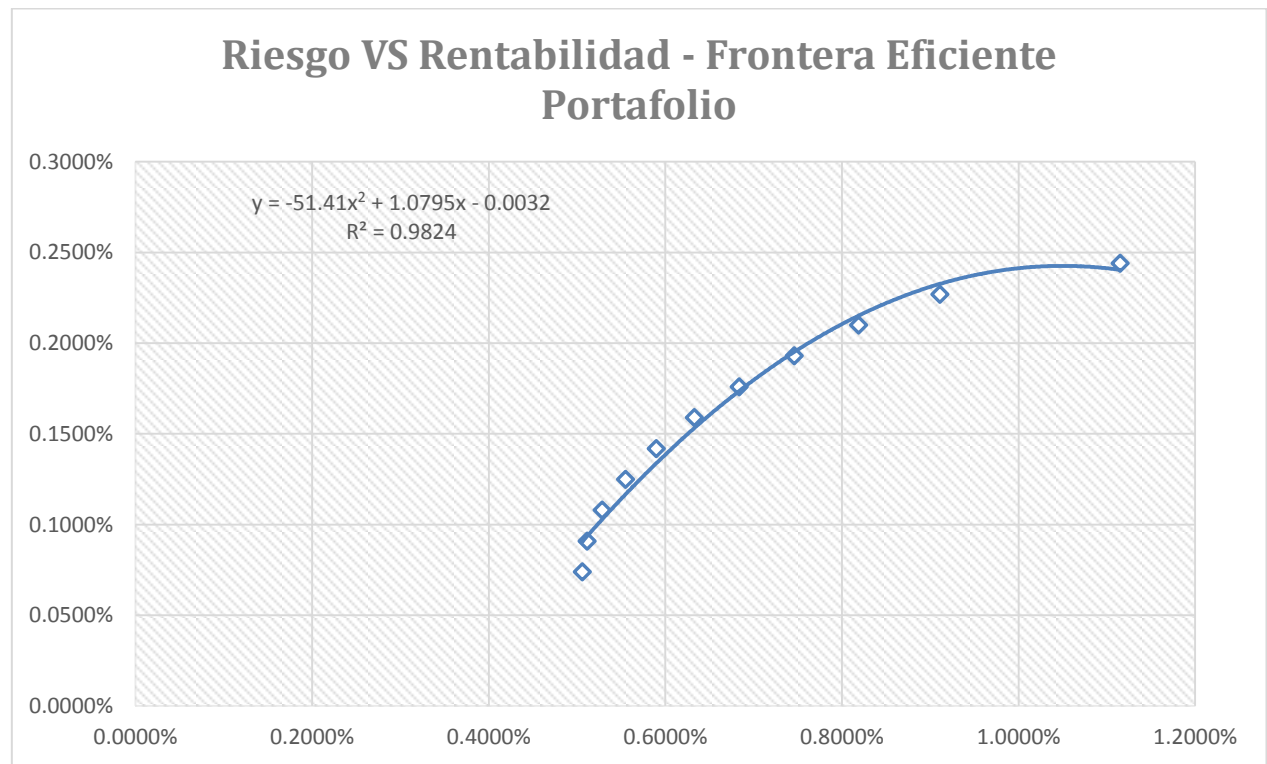
Tabla 28. Resumen de escenarios Simulados para porcentajes de Inversión, Rentabilidad y Riesgo del portafolio.

	Min_RiesgoSovler	Max Rentabilidad	punto2	punto3	punto4	punto5	punto6	punto7	punto8	punto9	punto10
<b>Celdas cambiantes:</b>											
INVERSION_PFBLOM	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
INVERSION_GRUPOSURA	12,7226%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	2,9201%	6,3299%	9,5358%
INVERSION_ECOP	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
INVERSION_BCOL	13,3491%	0,0000%	28,7724%	36,2941%	34,2858%	31,1480%	27,6030%	24,5960%	21,9009%	19,2001%	16,2551%
INVERSION_NUTRESA	7,5089%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,9944%	2,7923%	4,3745%	5,9470%
INVERSION_GRUPOARGOS	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
INVERSION_ISA	1,6935%	100,0000%	71,2276%	56,3867%	47,5942%	39,1094%	31,2338%	25,0949%	19,3280%	13,4984%	7,5775%
INVERSION_PFAVAL	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
INVERSION_CEMARGOS	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
INVERSION_PRGRPSURA	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
INVERSION_PFGROUPARG	17,6069%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	2,1624%	8,1281%	13,1393%	15,4649%	16,0472%	16,4162%	17,0222%
INVERSION_EBB	23,3892%	0,0000%	0,0000%	7,3192%	15,9576%	21,3210%	24,2956%	24,6717%	24,6495%	24,3249%	23,8557%
INVERSION_PFDAV	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,2934%	2,1596%	1,7379%	0,5932%	0,0000%	0,0000%
INVERSION_EXITO	23,7298%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	1,5687%	7,4402%	11,7688%	15,8560%	19,8068%
<b>Celdas de resultado:</b>											
RENT_RIESGO	14,5898%	21,8775%	24,9239%	25,6354%	25,8492%	25,7135%	25,1107%	24,0492%	22,5019%	20,4141%	17,7416%
RENTABILIDAD_PORTAFOLIO	0,0739%	0,2440%	0,2271%	0,2099%	0,1929%	0,1759%	0,1589%	0,1419%	0,1249%	0,1079%	0,0908%
RIESGO_PORTAFOLIO	0,5062%	1,1153%	0,9110%	0,8190%	0,7461%	0,6839%	0,6329%	0,5901%	0,5550%	0,5285%	0,5118%
VARIANZA_PORTAFOLIO	0,0026%	0,0124%	0,0083%	0,0067%	0,0056%	0,0047%	0,0040%	0,0035%	0,0031%	0,0028%	0,0026%

Fuente: Elaboración propia

Los escenarios simulados con base en una rentabilidad máxima a obtener y el mínimo riesgo del portafolio, deben de ser graficados en un plano cartesiano obteniendo la siguiente gráfica:

Ilustración 5. Gráfica de frontera eficiente Riesgo VS Rentabilidad.



Se calcula la ecuación polinómica de grado 2, obteniendo un coeficiente de determinación de 0.9824, reflejando una alta bondad de ajuste del modelo polinómico de grado 2 determinado; es decir, la variable independiente “Riesgo del portafolio”, que a su vez determina la variable “Rentabilidad del portafolio” o variable dependiente, se pueden representar gráficamente por la parte positiva de una parábola de grado 2, mediante la fórmula matemática:

$$\text{Rentabilidad del Portafolio} = 51,41 (\text{Riesgo del portafolio})^2 + 1,0795 (\text{Riesgo del portafolio}) - 0,0032.$$

Se realizó la división de la curva en 3 secciones las cuales representan los 3 perfiles de riesgo que se establecieron.



Perfil Conservador: es la sección A, se caracterizan según la encuesta realizada por obtener una rentabilidad, pero con un mínimo riesgo.

Perfil Moderado: es la sección B, se caracterizan según la encuesta realizada por obtener una rentabilidad y tener un riesgo moderado que sea acorde al valor de la rentabilidad.

Perfil Agresivo: es la sección C, se caracterizan por tener una máxima rentabilidad sin importar el nivel de riesgo

$$\int_{0,5062\%}^{1,1153\%} -51,41 X^2 dx + \int_{0,5062\%}^{1,1153\%} 1,0795X dx + \int_{0,5062\%}^{1,1153\%} -0,0032 dx$$

Con la Integral de la ecuación de la frontera eficiente se procede a calcular el área total bajo la curva, teniendo como límite inferior 0,5062% y límite superior 1,1153%, dado que estos son los valores extremos de riesgo identificados en el portafolio de acciones dando un área total de 0,001120634%.

Para calcular la probabilidad de ocurrencia de obtener un valor riesgo se debe calcular el área bajo la curva de la función de la ecuación obtenida con el portafolio, la cual tiene un área total de 0.001120634%.

Por otro lado, se pueden definir los intervalos en términos de riesgos permitidos para cada perfil, con base en la frontera eficiente encontrada, donde:

Tabla 29. Riesgos y Rentabilidades Mínimas y Máximos de la frontera eficiente del portafolio.

	RIESGO	RENTABILIDAD
Max ren	1,1153%	0,2440%
min ries	0,5062%	0,0739%

Fuente: Elaboración propia

Es decir, la frontera eficiente para el portafolio conformado oscila con un riesgo mínimo de 0,5062% y una rentabilidad esperada de 0,0739%; y un riesgo máximo de 1,1153% y una rentabilidad esperada de 0,2440% dada la diversificación y conformación del portafolio; lo que significa que el rango de riesgo de este portafolio es 0,6091%, y por ende se pueden establecer que los intervalos de riesgo para cada perfil inversionista, dividiendo este valor entre tres, arrojando lo siguiente:

Tabla 30. Intervalos de riesgos y rentabilidades permitidas por Perfil de Inversionista.

<b>Perfil</b>	<b>RIESGO</b>	<b>RENTABILIDAD</b>
Agresivo	0,9124% - 1,1153%	0,2366% - 0,244%
Moderado	0,7093% - 0,9123%	0,1871% - 0,2365%
Conservador	0,5062% - 0,7092%	0,0739% - 0,1870%

Fuente: Elaboración propia

### 5.3 Selección de portafolio Óptimo usando la meta heurística de Algoritmo Genético.

La utilización de la meta heurística de algoritmo genético es de gran utilidad en todos los campos de la ciencia donde se necesite conocer la transición, adaptación y mejora de una población inicial de elementos; y la optimización financiera no es ajena a los beneficios que trae su implementación, ya que la complejidad de la variables económicas y financieras que se ven influenciadas por elementos de la económicos, financieros y políticos; requieren ser estudiadas y abordadas con técnicas más robustas y complejas, que contemplen las múltiples correlaciones y dependencias entre sí. Por ende, la utilización del algoritmo genético para la optimización de un portafolio de renta variable garantiza que se encuentren soluciones muy cercanas a los óptimos globales, en tiempos realmente competitivos frente a otras técnicas de análisis combinatorial, con

la ventaja de arrojar múltiples soluciones en una corrida de simulación, las cuales convergen a los óptimos generales a medida que se aumentan las generaciones y/o iteraciones.

Seguidamente, se deben llevar a cabo las etapas requeridas para la optimización bajo esta metodología, empezando por la (i) Iniciación una población generada aleatoriamente, (ii) Evaluación de la aptitud del individuo en la población, (iii) Aplicar selección elitista: llevar a los mejores individuos para la próxima generación de la reproducción mediante cruces y mutaciones, (iv) Reemplazar la población actual por la nueva población y (v) Si las restricciones se cumplen y se ha llegado a un óptimo, entonces el proceso se detiene, de lo contrario ir al paso 2.

#### **5.3.1 Iniciar una población generada aleatoriamente.**

Para las 14 acciones preseleccionadas, se tiene la data de precios cotizados diarios, que para este estudio es de 6 meses de los precios de cotizaciones de las acciones recalcadas a lo largo del estudio, con base en los precios históricos asociados a cada acción, inicialmente se calcula la rentabilidad y volatilidad de cada acción para cada variación entre días. Seguidamente se toma la data de rentabilidades y volatilidades para cada acción, modelándolos en distribuciones de probabilidades personalizadas para cada acción, para ello se trae el ejemplo de la función de distribución personalizada de la rentabilidad y volatilidad para la acción Preferencial Bancolombia.

### 5.3.2 Funciones de distribución personalizadas Rentabilidad y Volatilidad Acción Preferencial Bancolombia.

El modelamiento de las funciones de distribuciones propias, parte de la base de cada acción en términos de rentabilidad y volatilidad no necesariamente encajan en funciones de distribución ya conocidas (Normal, Gumbel, logística, etc.), y para ello es necesario utilizar funciones de distribuciones personalizadas, las cuales agrupan en intervalos de frecuencia los datos que se están modelando, y que con la aplicación de números aleatorios dentro de estos mismos intervalos, arrojan datos a la azar que están dentro de la forma de la función personalizada de los datos, para ello se puede observar a continuación la función de distribución propia o personalizada de los datos de rendimientos de la acción Preferencial Bancolombia.

Tabla 31 Distribución propia de las variaciones de los precios de PFBCOLOM.

Valor MAX	3,7189%
Valor MIN	-6,3217%
RANGO	10,0406%
Número de datos	121
N_INTERV	20
ANCHO_INT	0,5020%

Limite Inferior	Limite Superior	FREC_ABS	FRE_REL	FREC_ACUM	RANGO Inferior	RANGO Superior	BARRA_ELEG
-6,32%	-5,82%	1	0,83%	0,83%	0,00%	0,83%	
-5,82%	-5,32%	0	0,00%	0,83%	0,83%	0,83%	
-5,32%	-4,82%	0	0,00%	0,83%	0,83%	0,83%	
-4,82%	-4,31%	0	0,00%	0,83%	0,83%	0,83%	
-4,31%	-3,81%	0	0,00%	0,83%	0,83%	0,83%	
-3,81%	-3,31%	0	0,00%	0,83%	0,83%	0,83%	
-3,31%	-2,81%	1	0,83%	1,65%	0,83%	1,65%	
-2,81%	-2,31%	0	0,00%	1,65%	1,65%	1,65%	
-2,31%	-1,80%	2	1,65%	3,31%	1,65%	3,31%	
-1,80%	-1,30%	6	4,96%	8,26%	3,31%	8,26%	
-1,30%	-0,80%	9	7,44%	15,70%	8,26%	15,70%	7,44%
-0,80%	-0,30%	17	14,05%	29,75%	15,70%	29,75%	
-0,30%	0,20%	27	22,31%	52,07%	29,75%	52,07%	
0,20%	0,71%	14	11,57%	63,64%	52,07%	63,64%	
0,71%	1,21%	24	19,83%	83,47%	63,64%	83,47%	
1,21%	1,71%	13	10,74%	94,21%	83,47%	94,21%	
1,71%	2,21%	4	3,31%	97,52%	94,21%	97,52%	
2,21%	2,71%	2	1,65%	99,17%	97,52%	99,17%	
2,71%	3,22%	0	0,00%	99,17%	99,17%	99,17%	
3,22%	3,72%	1	0,83%	100,00%	99,17%	100,00%	

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior contiene información de vital importancia la cual se puede interpretar así:

- Valor máximo y mínimo, corresponde al dato más alto y más bajo de la data de rendimientos para la acción estudiada.
- El rango, es la suma de ambos valores en valor absoluto, lo que significa los limites en los cuales se encuentran los datos medidos.
- El número de datos para el análisis de estas series fueron de 121; el número de intervalos es definido por el grupo investigados que para este caso son 20, y finalmente el ancho de intervalo, se da bajo la división del rango y el número de intervalos.

Seguidamente, la creación de la tabla que contiene límite inferior, límite superior, frecuencia absoluta, frecuencia relativa, frecuencia acumulada, rango inferior y rango superior; se hace utilizando la metodología estándar para la creación de histogramas de frecuencia.

La casilla denominada barra a elegir, básicamente realiza una prueba lógica con base en la generación de números aleatorios, para posicionar dentro de los intervalos el valor de rendimiento aleatorio a escoger asociado a la función de distribución personalizada.

Tabla 32. Generación de números aleatorios para escoger los rendimientos a simular.

Aleatorio	13,77%	
li	ls	frec rel
-1,30%	-0,80%	7,44%
aleatorio	-0,92%	

Fuente: Elaboración propia

Inicialmente se genera un número aleatorio, el cual se le atribuye a que rango pertenece (Búsqueda entre el rango inferior y superior), al identificar que el número aleatorio para este caso fue el 13,77%, se determina que el límite inferior y superior que hace parte para este rango corresponde a los valores de -1,30% y -0,80% respectivamente, con una frecuencia relativa asociada de 7,44%

Tabla 33 Límites inferior y superior de rendimientos

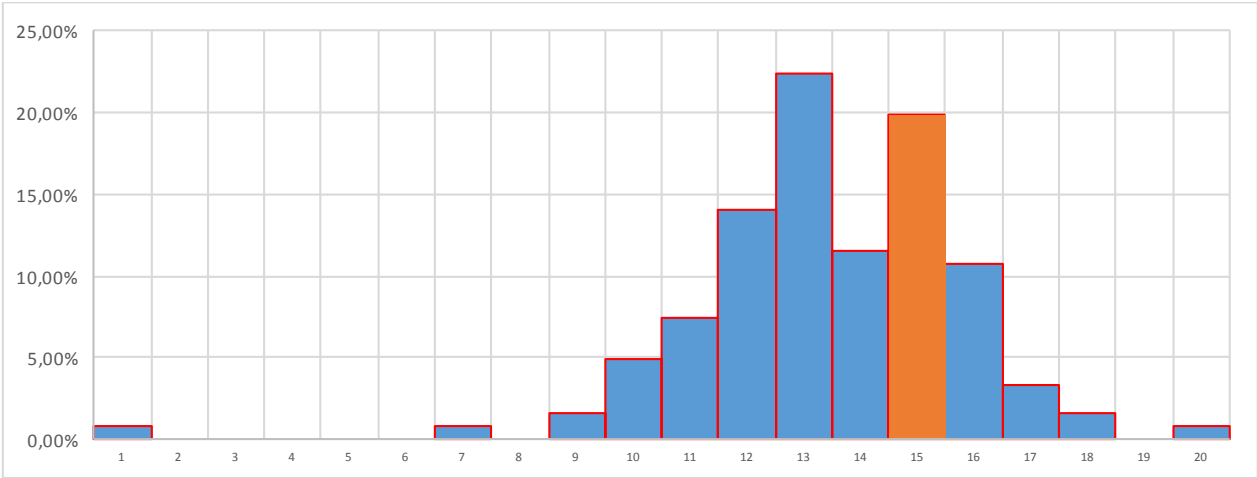
Límite Inferior	Límite Superior	FREC_ABS	FRE_REL	FREC_ACUM	RANGO Inferior	RANGO Superior
-1,30%	-0,80%	9	7,44%	15,70%	8,26%	15,70%

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la parte más importante del proceso radica en la selección del valor aleatorio de rendimiento que se escogerá y hará parte de las simulaciones, mutaciones y cruzamientos utilizados en la conformación de portafolio óptimo mediante la metodología de Algoritmo Genético; para esta metodología se hace uso de la generación de números aleatorios en dos oportunidades, la primera de ellas para escoger el intervalo como se explicó anteriormente, y finalmente definido el intervalo, se utiliza de nuevo otro número aleatorio para que dentro de ese intervalo previamente definido se escoja el valor exacto de rendimiento que se modelará en el Algoritmo Genético.

Finalmente, la forma gráfica de la distribución personalizada para la acción Preferencial Bancolombia, dados todos los parámetros anteriores, es:

Ilustración 6. Función de Distribución Propia de los rendimientos para la acción Preferencial Bancolombia.



Fuente: Elaboración propia

Para el resto de las 13 acciones, se hace el mismo proceso para determinar los parámetros y elementos necesarios para modelar el comportamiento de los rendimientos asociados a cada acción.

Por otro lado, para modelar el comportamiento personalizado de la volatilidad, se parte de las mismas premisas y preceptos expuestos anteriormente, solo que los cálculos son realizados con la data de volatilidad y no de rendimiento, como se hizo pasos atrás; y por ende los resultados obtenidos para la acción de Preferencial de Bancolombia en términos de volatilidad son:

Tabla 34. Distribución propia de las volatilidades de PFBCOLOM.

Valor MAX	6,5061%
Valor MIN	0,0017%
RANGO	6,5044%

Número de Datos	121
N_INTERV	20
ANCHO_INT	0,3252%

Limite_Inferior	Limite_Superior	FREC_ABS	FRE_REL	FREC_ACUM	RANGO_Inferior	RANGO_Superior	BARRA_ELEG
0,00%	0,33%	34	28,10%	28,10%	0,00%	28,10%	
0,33%	0,65%	20	16,53%	44,63%	28,10%	44,63%	
0,65%	0,98%	27	22,31%	66,94%	44,63%	66,94%	22,31%
0,98%	1,30%	11	9,09%	76,03%	66,94%	76,03%	
1,30%	1,63%	14	11,57%	87,60%	76,03%	87,60%	
1,63%	1,95%	7	5,79%	93,39%	87,60%	93,39%	
1,95%	2,28%	2	1,65%	95,04%	93,39%	95,04%	
2,28%	2,60%	3	2,48%	97,52%	95,04%	97,52%	
2,60%	2,93%	0	0,00%	97,52%	97,52%	97,52%	
2,93%	3,25%	1	0,83%	98,35%	97,52%	98,35%	
3,25%	3,58%	1	0,83%	99,17%	98,35%	99,17%	
3,58%	3,90%	0	0,00%	99,17%	99,17%	99,17%	
3,90%	4,23%	0	0,00%	99,17%	99,17%	99,17%	
4,23%	4,55%	0	0,00%	99,17%	99,17%	99,17%	
4,55%	4,88%	0	0,00%	99,17%	99,17%	99,17%	
4,88%	5,21%	0	0,00%	99,17%	99,17%	99,17%	
5,21%	5,53%	0	0,00%	99,17%	99,17%	99,17%	
5,53%	5,86%	0	0,00%	99,17%	99,17%	99,17%	
5,86%	6,18%	0	0,00%	99,17%	99,17%	99,17%	
6,18%	6,51%	1	0,83%	100,00%	99,17%	100,00%	

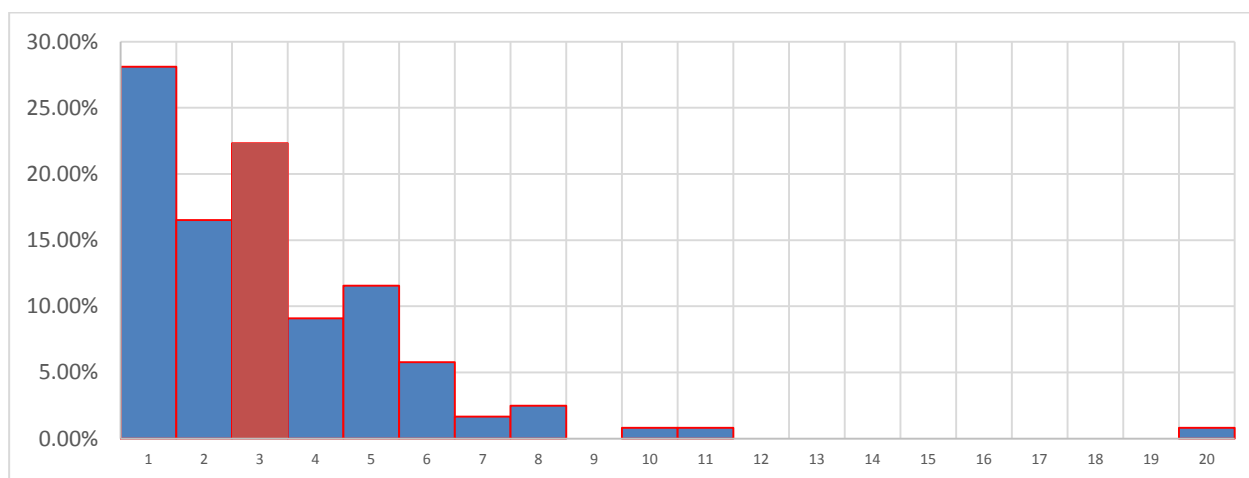
aleatorio	60,27%	
li	ls	frec rel
0,65%	0,98%	22,31%
aleatorio	0,87%	

Fuente: Elaboración propia

La misma metodología aplicada a las funciones de distribución de los rendimientos, es aplicada a la de las volatilidades, obteniendo datos, rangos y gráficas diferentes; esta última se muestra a continuación:



Ilustración 7. Función de Distribución Propia de las volatilidades para la acción Preferencial Bancolombia.



Fuente: Elaboración propia

La gráfica representa cómo están distribuidos los datos de volatilidad de la acción referenciada en 20 intervalos definidos; se puede observar que gran parte de los mismos están agrupados en los primeros intervalos de frecuencia diseñados, y que a medida que van aumentando los límites inferiores y superiores, las frecuencias absolutas y relativas van disminuyendo, lo que se interpreta como un alto grado de agrupamiento de datos para volatilidades más bajas o cercanas a los límites inferiores; solo observando unos pocos datos para frecuencias relativas cercanas a límite superior de la distribución.

De la misma forma que se modela el comportamiento de la volatilidad de la acción preferencial de Bancolombia, se realiza para el restante de las 13 acciones estudiadas.

### 5.3.3 Funciones de distribución triangulares para las ponderaciones de inversión inicial de portafolio óptimo.

Teniendo ya modelados los comportamientos personalizados de los rendimientos y las volatilidades de cada acción, se hace necesario hallar los porcentajes de participación de cada acción en el portafolio a optimizar (de la misma forma que se hizo bajo la metodología de

MARKOWITZ), pero para ser usados en las simulaciones, mutaciones y cruzamientos necesarios en el Algoritmo Genético; y para ello hacemos uso de la función de distribución triangular, la cual se explica a continuación.

La función de distribución triangular (o como fue conocida en décadas anteriores, función financiera o de riesgo), se caracteriza por proporcionar un modelo de aproximación cuando se conoce poca información acerca del comportamiento de los datos y variables estudiadas, de tal manera que solo es necesario conocer un valor mínimo o pesimista, el valor máximo u optimista, y un valor medio o más probable. En esta etapa del algoritmo genético, se definen estos parámetros para cada una de las acciones, así:

Tabla 35. Parámetros función de probabilidad triangular, para cada acción del portafolio.

<b>Acción</b>	<b>MINIMO A</b>	<b>MAS POSIBLE B</b>	<b>MAXIMO C</b>
<b>PFBCOLOM</b>	0,00%	4,36%	25,00%
<b>GRUPOSURA</b>	0,00%	9,63%	25,00%
<b>ECOPETROL</b>	0,00%	3,86%	25,00%
<b>BCOLOMBIA</b>	0,00%	5,03%	25,00%
<b>NUTRESA</b>	0,00%	9,65%	25,00%
<b>GRUPOARGOS</b>	0,00%	9,72%	25,00%
<b>ISA</b>	0,00%	8,20%	25,00%
<b>PFAVAL</b>	0,00%	6,01%	25,00%
<b>CEMARGOS</b>	0,00%	5,06%	25,00%
<b>PFGRUPSURA</b>	0,00%	10,67%	25,00%
<b>PFGRUPOARG</b>	0,00%	6,78%	25,00%
<b>EEB</b>	0,00%	5,85%	25,00%
<b>PFDVVVDA</b>	0,00%	5,69%	25,00%
<b>EXITO</b>	0,00%	9,49%	25,00%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se estiman los 3 parámetros explicados así:

- **Parámetro A, Mínimo A:** Corresponde al valor mínimo de inversión que puede tener cada acción en el portafolio, que para esta investigación corresponde a 0%, dado que no se contemplan las compras o ventas en corto.
- **Parámetro C, Máximo C:** para esta investigación, se determina que el máximo de inversión para cada acción en el portafolio podrá ser de una cuarta parte del total de la inversión (25%), dado que se tienen 14 acciones en análisis y se debe tener como principio la máxima diversificación posible del riesgo y evitar la concentración de participación en sectores específicos de la economía.
- **Parámetro B, Mas Posible B:** Para esta investigación este parámetro se calcula mediante el uso de las volatilidades, así:
  - Primero, Sabemos que el cálculo de las volatilidades depende también de los rendimientos, por ende, ambas variables hacen parte de este parámetro; segundo, se propone dar un porcentaje de participación de cada acción en el portafolio a optimizar, partiendo de una premisa (i) dando más participación en el portafolio a las acciones menos volátiles.

Dado los anterior se calculan los porcentajes más posibles de participación así:

Tabla 36. Porcentajes de Participación más probables para cada acción, dada la volatilidad máxima.

<b>Acción</b>	<b>Volatilidad Máxima</b>	<b>INVERSO VOL</b>	<b>PONDERACION</b>
<b>VOLAT_PFB</b> COLOMB	6,5061%	0,15	4,4%
<b>VOLAT_GRUPOSURA</b>	2,9451%	0,34	9,6%
<b>VOLAT_ECOPETROL</b>	7,3468%	0,14	3,9%
<b>VOLAT_BCOLOMBIA</b>	5,6340%	0,18	5,0%
<b>VOLAT_NUTRESA</b>	2,9394%	0,34	9,6%
<b>VOLAT_GRPARGOS</b>	2,9160%	0,34	9,7%
<b>VOLAT_ISA</b>	3,4597%	0,29	8,2%
<b>VOLAT_PFAVAL</b>	4,7185%	0,21	6,0%

<b>VOLAT_CEMARGOS</b>	5,6048%	0,18	5,1%
<b>VOLAT_PFRGRPSURA</b>	2,6574%	0,38	10,7%
<b>VOLAT_PFGRPARGOS</b>	4,1823%	0,24	6,8%
<b>VOLAT_EEB</b>	4,8469%	0,21	5,9%
<b>VOLAT_PFDAVVNDA</b>	4,9822%	0,20	5,7%
<b>VOLAT_EXITO</b>	2,9884%	0,33	9,5%
Total Inverso de Volatilidad Max		3,53	
Factor de multiplicación Ponderación		0,283569014	

Fuente: Elaboración propia

El factor de ponderación o participación más probable que se utilizará para la aplicación de la función de distribución triangular da mayores posibilidades de participación aquellas con menores volatilidades, por ende, se utiliza la volatilidad máxima que tiene cada acción según la data de volatilidades analizada y posteriormente se calcula el inverso del mismo, donde se observa que, a menor volatilidad máxima, mayor es el inverso de la volatilidad. Finalmente, para hallar la ponderación de la inversión, se realiza inicialmente la sumatoria inversa de la volatilidad, seguido a ello, este valor también se le halla el inverso transformándose en el factor de multiplicación, permitiendo multiplicar para cada acción su respectivo inverso de volatilidad máxima, arrojando finalmente el parámetro de valor más probable de inversión.

Después de definir los parámetros, se aplica la regla de generación de variables triangulares, así:

Ilustración 8. Metodología para la generación de variables Triangulares.

**Generación de Variables Triangulares:**

Los valores  $a$ ,  $b$ , y  $c$  son dados (o son conocidos). Calcule  $\frac{b-a}{c-a}$ .

**Paso 1.** Generar dos números aleatorios  $R1$  y  $R2$ .

**Paso 2.** Es  $R1 < \frac{b-a}{c-a}$ ?

✓ Sí, entonces calcular  $x = a + (b - a)\sqrt{R2}$ .

✓ No, entonces calcular  $x = c - (c - b)\sqrt{1 - R2}$ .

**Paso 3.** La cantidad encontrada en el paso 2, es el valor generado de la variable aleatoria triangular.

**Paso 4.** Repetir los pasos anteriores tantas veces como se desee.

Fuente: Suministrada por Eduardo Cruz

El modelo que se va consolidando, depende inicialmente de la generación de variables aleatorias, las cuales deben ser sometidas al criterio de la desigualdad o parámetro denominado standard, el cual viene determinado por el cociente de las diferencias de  $b-a$  y  $c-a$ .

Finalmente, se aplica la metodología de generación de variables aleatorias triangulares; a las participaciones de las 14 acciones preseleccionadas, y para ello se ejemplificará todo el proceso con la acción de Preferencia de Bancolombia; iniciando con la definición de los parámetros básicos de la distribución triangular; a continuación se generan los números aleatorios (se generan 10000 números aleatorios), posterior a ello se construyen los intervalos de frecuencia (se dividen en 10 intervalos) con sus respectivos límites inferiores y superiores, frecuencia, frecuencia relativa y absoluta; seguidamente se construye el histograma de frecuencias asociadas a los intervalos definidos y, finalmente se generan números aleatorios entre cero y uno, el cual se

enmarca en la sumatoria de los anchos de intervalos, logrando definir a que intervalo de ponderación de inversión se refiere el número aleatorio hallado inicialmente.

### 5.3.4 Ejemplificación de la distribución triangular, usando los atributos de la acción Preferencial Bancolombia.

Como se definió previamente, se tienen que los parámetros de la distribución triangular para esta acción son:

Tabla 37 Parámetros de distribución triangular

MINIMO A	0,0000%
MAS POSIBLE C	4,3385%
MAXIMO B	25,0000%
Standard c (C)	17,4340%

Fuente: Elaboración propia

El ancho de intervalo de frecuencia para este caso se calcula así:

$$\text{Ancho Intervalo} = \frac{(\text{Max } B - \text{Min } A)}{10}$$

$$\text{Ancho Intervalo} = \frac{(25\% - 0\%)}{10} = 2,5\%$$

Después de calcular el ancho de los intervalos, se generan 10000 números aleatorios entre cero y uno, a los cuales se les aplica la metodología de generación de variables aleatorias vista anteriormente; los resultados obtenidos son tabulados y condensados en los intervalos definidos, arrojando la siguiente tabla:

Tabla 38 Data función de distribución triangular acción preferencial Bancolombia

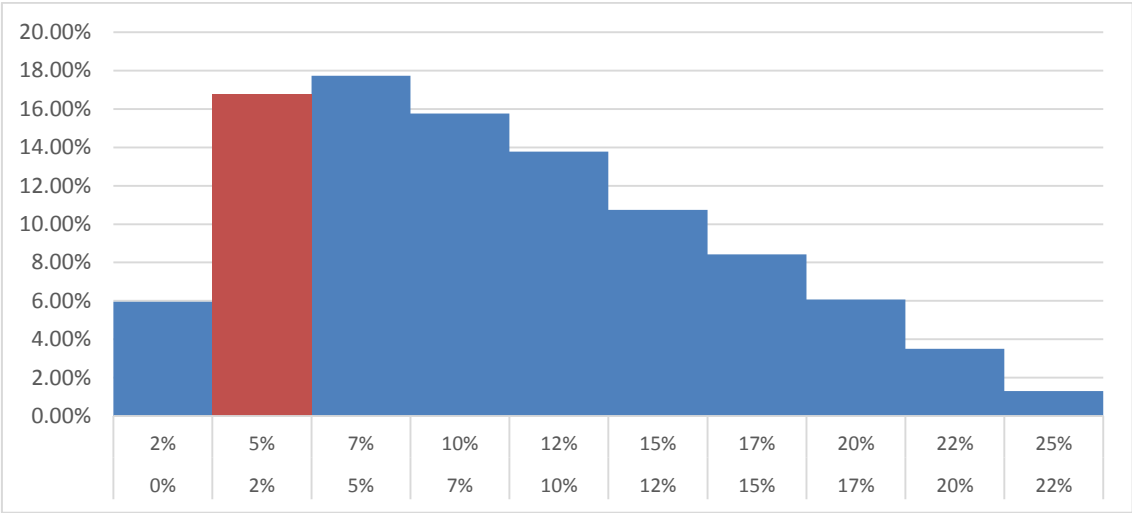
Límite Inferior	Limite Superior	Frecuencia	Frecuencia Rel	Frecuencia Abs	Rango de Intervalos	
					LI	LS
0%	2%	595	5,95%	5,95%	0,00%	5,95%
2%	5%	1674	16,74%	22,69%	5,95%	22,69%
5%	7%	1772	17,72%	40,41%	22,69%	40,41%
7%	10%	1576	15,76%	56,17%	40,41%	56,17%
10%	12%	1378	13,78%	69,95%	56,17%	69,95%
12%	15%	1074	10,74%	80,69%	69,95%	80,69%
15%	17%	843	8,43%	89,12%	80,69%	89,12%
17%	20%	608	6,08%	95,20%	89,12%	95,20%
20%	22%	350	3,50%	98,70%	95,20%	98,70%
22%	25%	130	1,30%	100,00%	98,70%	100,00%

10000

Fuente: Elaboración propia

Los números aleatorios generados y sometidos al proceso de variables triangulares, se agrupan mayoritariamente alrededor de los valores entre 2% y 12%, definidos inicialmente en los parámetros de la distribución triangular; Ahora la siguiente gráfica traza el comportamiento de las variables simuladas y halladas así:

Ilustración 9. Gráfica función de distribución triangular, ponderación de inversión Preferencial Bancolombia.



Fuente: Elaboración propia

Claramente, se observa el comportamiento triangular de la variable participación del portafolio, con una fuerte aglomeración de simulaciones alrededor del valor más probable, y con una disminución más pronunciada hacia los extremos o valores mínimo y máximo.

En último lugar, se establece una función de variable aleatoria que permite hallar inicialmente y de formar aleatoria, el intervalo de frecuencia y dentro de ese intervalo el valor de participación que hará parte de la conformación de la mutación en el algoritmo genético. La función utilizada es:

Tabla 39 Función de variable aleatoria para hallar intervalo de frecuencia

aleatorio	15,10%	
li	ls	frec rel
2,50%	5,00%	16,74%
aleatorio	3,75%	

Fuente: Elaboración propia



Para este caso, el número aleatorio generado es el 15,1%, el cual está ubicado en el rango de la sumatoria de intervalos con límite inferior 5,95% y límite superior 22,69%, los que a su vez corresponden al intervalo 2,5% - 5% de frecuencias relativas; en consecuencia, el valor de ponderación de la inversión se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$Pond. Inversión = Límite Inf + (Límite Inf + Límite Sup) \times Aleatorio$$

Y este valor es el que finalmente alimentará la data de mutación del algoritmo genético.

Este mismo procedimiento se repite para las 14 acciones preseleccionadas repitiéndose n veces o de acuerdo con los criterios de mutación y cruzamiento dictaminados en la meta heurística de Algoritmo Genético.

### **5.3.5 Generación de poblaciones iniciales, mutaciones y cruzamientos de atributos de las acciones del portafolio.**

Finalmente, después de haber determinado elementos concluyentes como la rentabilidad y la volatilidad, con sus respectivas funciones propias de distribución; seguido de los factores de ponderación de la inversión, donde se premia a aquellas acciones menos volátiles, y que dichas inversiones o ponderaciones siguen una función de distribución triangular; se da paso a la condensación y simulación de la información recolectada. Ya que, como se ha podido ir estructurando, cada ponderación de la inversión cambia siguiendo una distribución triangular, que a su vez depende de la generación de números aleatorios, demostrando de igual forma que las rentabilidades y volatilidades cambian con base a una función de distribución personalizada.

Todos estos datos son manejados de la misma forma como se hizo con la optimización de MARKOWITZ realizada en el capítulo anterior, con la diferencia que, el Algoritmo Genético permite hallar múltiples soluciones con una sola corrida de mutación y/o cruzamiento según la etapa del proceso.

Para ello se utiliza la herramienta MICROSOFT EXCEL, donde se tiene la siguiente información que sirve de tabla comando de la información requerida para las mutaciones:

Tabla 40. Condensación de la información de Rentabilidad y Volatilidad- Riesgo de acuerdo con las funciones de distribución propias de las acciones.

ACCION	RENTABILIDAD	VARIANZA	RIESGO
PFBCELOM			
GRUPOSURA			
ECOPETROL			
BCOLOMBIA			
NUTRESA			
GRUPOARGOS			
ISA			
PFAVAL			
CEMARGOS			
PFGROUPSURA			
PFGROUPOARG			
EEB			
PFDVVNDA			
EXITO			

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar, que las columnas de Rentabilidad y Riesgo corresponden a los valores aleatorios que van generando cada función de probabilidad propia expuesta en el numeral anterior; la varianza es igual al cuadrado del riesgo.

Seguidamente, se utiliza el cuadro resumen de ponderación de la inversión, el cual es utilizado para hallar la rentabilidad y riesgo total del portafolio, según la metodología de optimización de MARKOWITZ. Esta tabla es la siguiente:

Tabla 41. Ponderación de la inversión, Riesgo y Rentabilidad total del portafolio de acciones.

PONDERACION DE LA INVERSION					
ACCION I	INVERSION	RENTABILIDAD	RIESGO	VARIANZA	$\%A_I^2$
PFBCOLOM					
GRUPOSURA					
ECOPETROL					
BCOLOMBIA					
NUTRESA					
GRUPOARGOS					
ISA					
PFAVAL					
CEMARGOS					
PFGRUPSURA					
PFGRUPOARG					
EEB					
PFDAVVNDA					
EXITO					
Total					
PORTAFOLIO					
RENTABILIDAD					
VARIANZA					
RIESGO					

Fuente: Elaboración propia

La tabla resumen anterior contiene elementos de gran importancia, empezando por las acciones y sus respectivas inversiones (casillas en amarillo), las cuales son determinadas por la función de distribución triangular de cada acción; por ende las rentabilidades, riesgos y varianzas también se calculan con base en las funciones de distribución propias de rentabilidad y riesgo; al

final con base en la información de las acciones, se aplica la metodología de MARKOWITZ para calcular la rentabilidad y riesgo del portafolio según el grado de inversión en cada acción.

Ahora bien, dado lo anterior, se procede a realizar las corridas de simulación o mutaciones para hallar los óptimos locales y globales de ponderación de inversión.

### **5.3.6 Corridas de simulación y/o primera mutación bajo la metodología de Algoritmo Genético.**

El equipo investigador decide realizar 10 mutaciones iniciales, donde 5 de ellas son de tamaño 100.000 y las otras 5 son de tamaño 10.000; lo anterior significa, que se simularon 550.000 resultados de ponderaciones de inversión para cada acción de manera independiente, es decir, cada función de distribución triangular de ponderación de inversión para cada acción arrojó 550.000 resultados independientes. Sin embargo, y dado que los valores de participación para cada acción no dependen uno de los otros y por ende la sumatoria de la inversión total del portafolio puede estar por encima o por debajo del 100%, es necesario generar un filtro de calidad para la selección de portafolios óptimos; este filtro tiene la siguiente condición:

$$=+SI(Y(S2>0,9995;S2<1,0005);1;0)$$

El condicional de calidad enuncia que la variable “S” o sumatoria de la inversión del portafolio, debe estar entre el 99,95% y 100,05%, para considerar la mutación óptima; o por el contrario si está fuera de este rango considerarlo nulo. Con esto se garantiza que las inversiones en cada acción, en total estén alrededor del 100%. Los resultados obtenidos en la primera mutación fueron:

Tabla 42. Resultados primera mutación Algoritmo Genético, con diferentes tamaños de mutación.

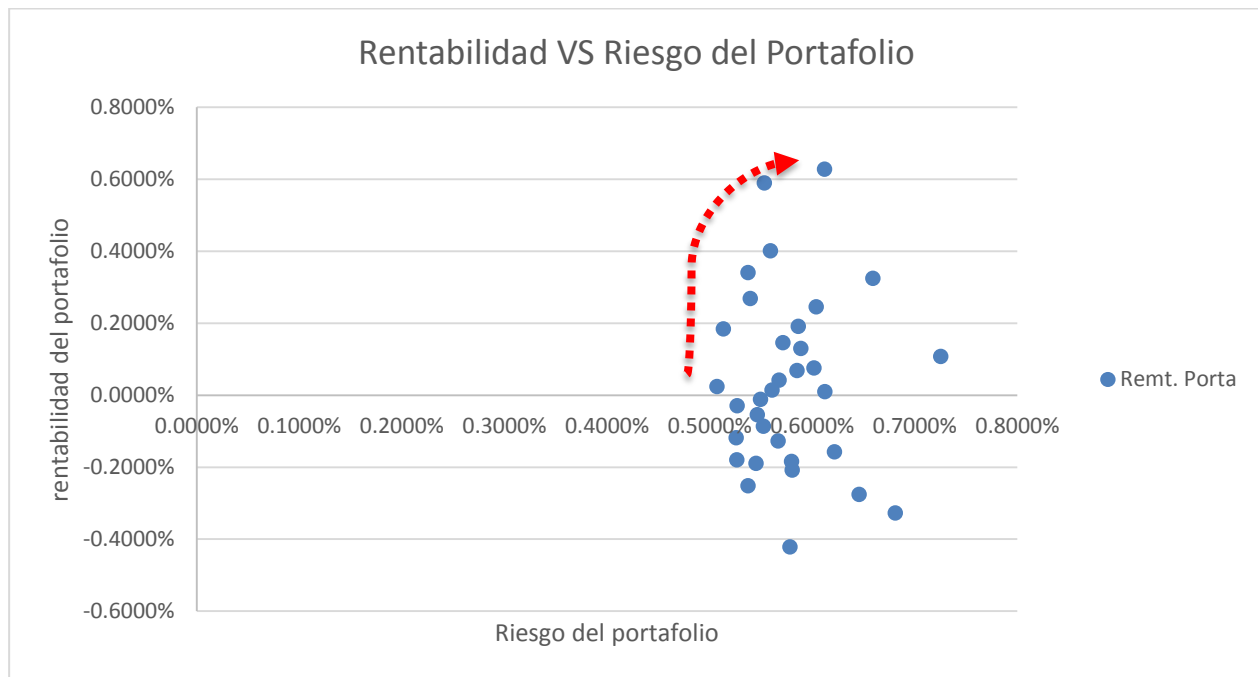
Mutación	Tamaño de la mutación	Resultados positivos	Resultados Negativos
1	100.000	9	99.991
2	100.000	4	99.996
3	100.000	11	99.989
4	100.000	1	99.999
5	100.000	1	99.999
6	10.000	2	9.998
7	10.000	1	9.999
8	10.000	1	9.999
9	10.000	1	9.999
10	10.000	2	9.998
Total	550.000	33	549.967

Fuente: Elaboración propia

En total de las 10 corridas de simulación, 5 de ellas con tamaño de 100.000 y otras 5 con tamaño 10.0000 resultados diferentes, se observa que solo 33 mutaciones cumplieron con la función de calidad que cita que la sumatoria de las inversiones esté entre el 99,95% y el 100,05%; el restante de mutaciones (549.967), fueron resultados que están por fuera de los estándares de calidad definidos para la inversión total.

Al graficar los 33 puntos que cumplen con la función de calidad propuesta, se puede trazar la siguiente frontera:

Ilustración 10. Gráfica de los puntos óptimos mutados primera mutación.



Fuente: Elaboración propia

La gráfica anterior muestra la dispersión que se tiene entre rentabilidad y riesgo, encontrando a ciertos niveles de riesgo, rentabilidades negativas, dadas las inversiones que se realizaron según las corridas de simulación. Igualmente se tiene una serie de puntos en la parte superior de la gráfica que son mejores opciones de inversión que los demás, los cuales están contenidos en la línea roja como una especie de frontera eficiente para estos 33 puntos mutados.

La teoría de algoritmo genético dicta que se deben realizar cruzamientos entre las acciones que hacen parte del portafolio, los cuales consisten en darle a una acción los atributos de otra acción y viceversa, y realizar de nuevo la simulación con estos cambios; partiendo de esta afirmación el equipo investigador propone realizar los cruzamientos entre acciones bajo los siguientes supuestos:

1. **Cruzamiento entre las acciones con menor correlación:** Este supuesto es el correcto, dado que cuando las acciones entre si tiene bajo coeficiente de correlación (cercano a cero), significa que ambos elementos no tienen incidencias lineales uno con otro.
2. **Cruzamiento entre las acciones con menor riesgo:** Este supuesto respecta la premisa de optimización que es aquella de mantener siempre al mínimo los niveles de riesgo para el inversionista.
3. **Cruzamiento entre las acciones con mayor rentabilidad:** Por último, se cruzan las características de inversión entre aquellas acciones más rentables, en aras de poder explorar áreas con mayor probabilidad de rentabilidad sin afectar sobre manera el riesgo asociado.

Partiendo de lo anterior, el número de cruzamientos y las acciones cruzadas fueron:

Tabla 43. Resultados del cruzamiento realizado entre acciones, según supuestos de emparejamiento.

Supuesto	Cruzamiento	Tamaño de la mutación	Resultados positivos	Resultados Negativos	Acciones cruzadas	
Menor correlación	1	10.000	7	9.993	PFBCOLOM	GRUPOSURA
Menor correlación	2	10.000	3	9.997	PFBCOLOM	GRUPOSURA
Menor correlación	3	10.000	10	9.990	PFBCOLOM	CEMARGOS
Menor correlación	4	10.000	5	9.995	PFBCOLOM	EEB
Menor correlación	5	10.000	5	9.995	PFBCOLOM	EEB
Menor correlación	6	10.000	10	9.990	GRUPOSURA	BCOLOMBIA
Menor correlación	7	10.000	2	9.998	ECOPETROL	ISA
Menor correlación	8	10.000	7	9.993	ECOPETROL	ISA
Menor correlación	9	10.000	1	9.999	ECOPETROL	ISA
Menor correlación	10	10.000	10	9.990	BCOLOMBIA	CEMARGOS
Menor correlación	11	10.000	4	9.996	BCOLOMBIA	EEB
Menor correlación	12	10.000	6	9.994	BCOLOMBIA	EEB
Menor riesgo	13	10.000	6	9.994	PFDVVNDA	PFAVAL
Menor riesgo	14	10.000	4	9.996	PFDVVNDA	PFAVAL
Menor riesgo	15	10.000	5	9.995	PFDVVNDA	NUTRESA
Menor riesgo	16	10.000	5	9.995	PFDVVNDA	NUTRESA

Supuesto	Cruzamiento	Tamaño	Resultados	Resultados	Acciones cruzadas
Menor riesgo	17	10.000	9	9.991	PFDVVNDA ECOPETROL
Menor riesgo	18	10.000	1	9.999	PFDVVNDA ECOPETROL
Menor riesgo	19	10.000	10	9.990	PFAVAL NUTRESA
Menor riesgo	20	10.000	3	9.997	PFAVAL ECOPETROL
Menor riesgo	21	10.000	7	9.993	PFAVAL ECOPETROL
Menor riesgo	22	10.000	2	9.998	NUTRESA ECOPETROL
Menor riesgo	23	10.000	8	9.992	NUTRESA ECOPETROL
Mayor Rentabilidad	24	10.000	9	9.991	PFBLOM GRUPOSURA
Mayor Rentabilidad	25	10.000	1	9.999	PFBLOM GRUPOSURA
Mayor Rentabilidad	26	10.000	10	9.990	PFBLOM ISA
Mayor Rentabilidad	27	10.000	3	9.997	PFBLOM NUTRESA
Mayor Rentabilidad	28	10.000	4	9.996	PFBLOM NUTRESA
Mayor Rentabilidad	29	10.000	3	9.997	PFBLOM NUTRESA
Mayor Rentabilidad	30	10.000	4	9.996	GRUPOSURA ISA
Mayor Rentabilidad	31	10.000	6	9.994	GRUPOSURA ISA
Mayor Rentabilidad	32	10.000	7	9.993	GRUPOSURA NUTRESA
Mayor Rentabilidad	33	10.000	3	9.997	GRUPOSURA NUTRESA
Mayor Rentabilidad	34	10.000	2	9.998	ISA NUTRESA
Mayor Rentabilidad	35	10.000	3	9.997	ISA NUTRESA
Mayor Rentabilidad	36	10.000	2	9.998	ISA NUTRESA
Mayor Rentabilidad	37	10.000	3	9.997	ISA NUTRESA
<b>Total</b>		<b>370.000</b>	<b>190</b>	<b>369.810</b>	

Fuente: Elaboración propia

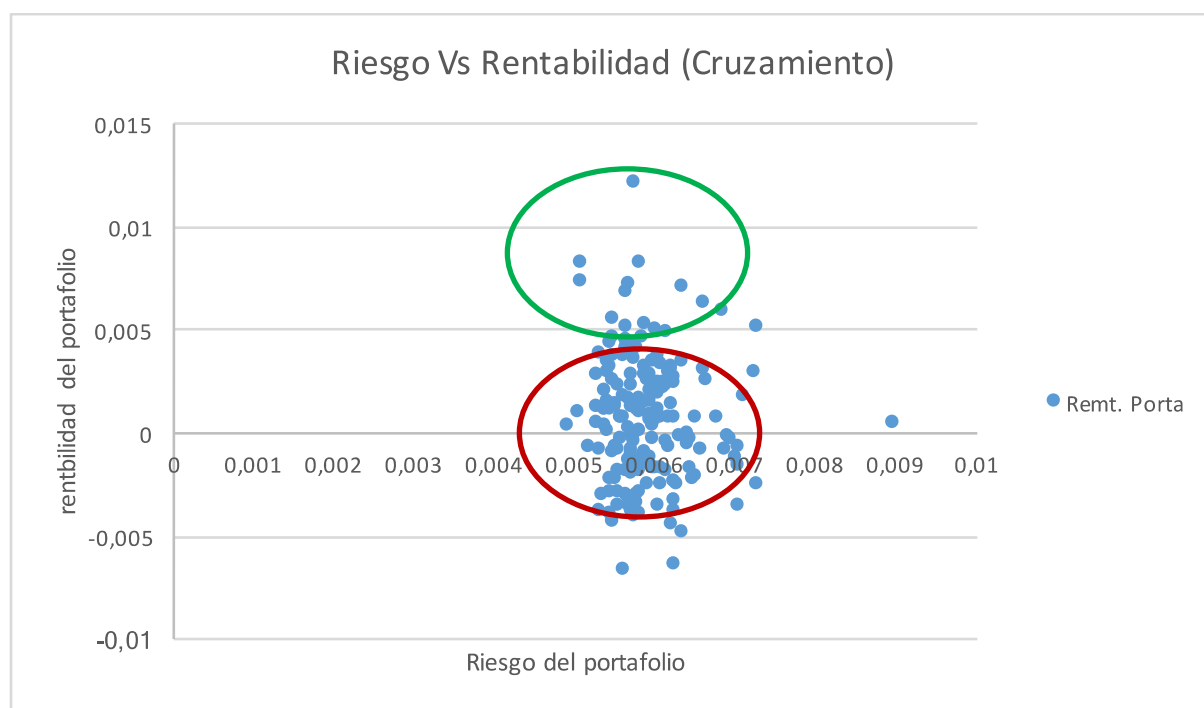
Los resultados obtenidos, se reflejan después de haber realizado 37 simulaciones de tamaño 10.000, con un tiempo de 3 minutos por mutación, logrando obtener 190 puntos óptimos de acuerdo con la función de calidad del total de la sumatoria de inversión, los que a su vez son el resultado del cruzamiento entre las funciones de distribuciones triangulares entre las acciones.

Cabe resaltar que el cruzamiento realizado, arroja mayor cantidad de puntos óptimos que la mutación inicial realizada, con una mejora sustancial en menor cantidad de cruzamientos (370.000 del cruzamiento, frente a los 550.000 de la mutación), pasando de 33 puntos óptimos iniciales hallados en la mutación, a 190 portafolios optimizados mediante el cruce de



características entre acciones. En la misma dirección de mejora, se encaminan los resultados obtenidos, ya que como se mostrará a continuación, el cruzamiento permitió explorar otras áreas dentro de la gráfica Riesgo Vs Rentabilidad, alcanzando mejores resultados, y la gráfica que condensa esta información es la siguiente:

Ilustración 11. Gráfica de puntos óptimos cruzados por la metodología Algoritmo Genético.



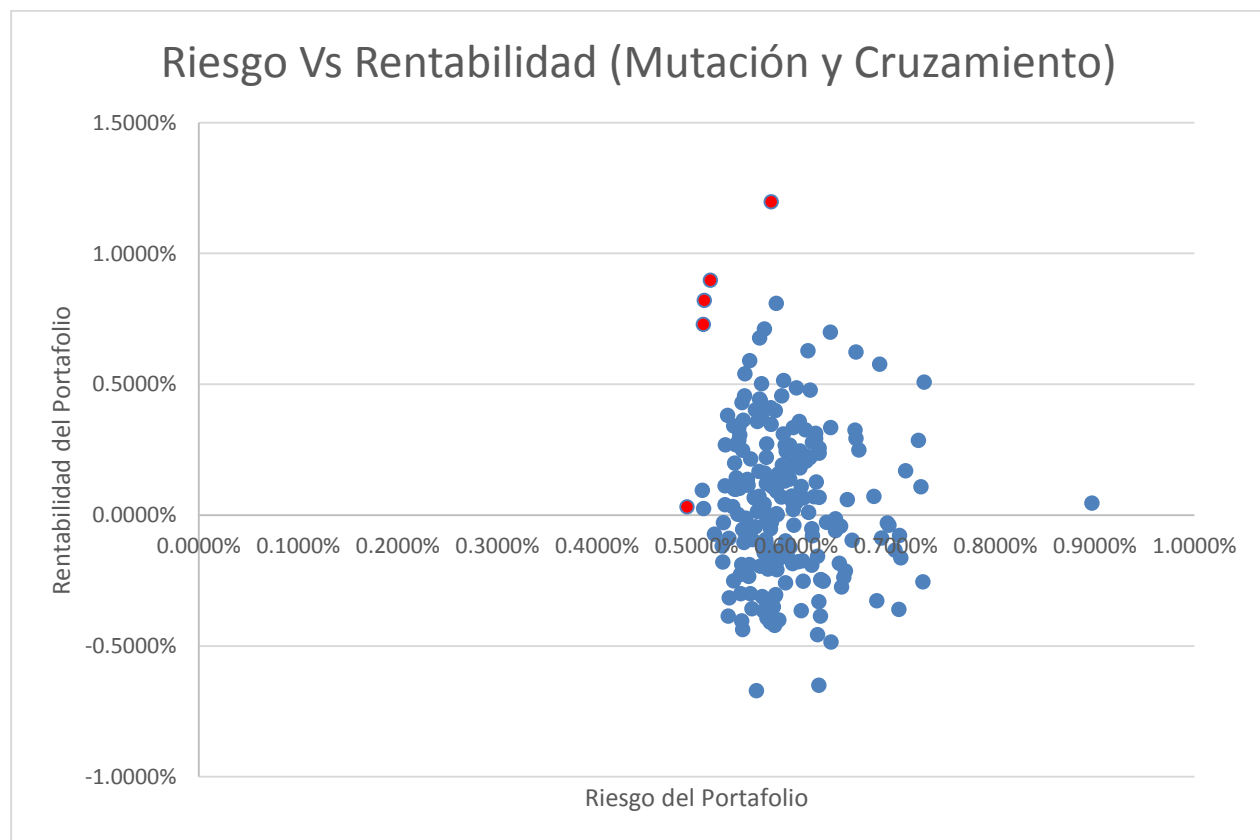
Fuente: Elaboración propia

La gráfica de cruzamientos arroja una nueva área de exploración de riesgos y rentabilidades, mayor a la encontrada en las mutaciones iniciales, lo que refleja que los cruzamientos realizados tuvieron éxitos básicamente en dos elementos, (i) encontrar soluciones mejores y óptimas frente a la mutación inicial (área encerrada en verde), (ii) mayor concentración de soluciones en área medias de riesgo y rentabilidad (área encerrada en rojo); la primera no sirve para mejorar los

resultados obtenidos inicialmente y enfocar futuras mutaciones en áreas circundantes o superiores, y la segunda muestra que el algoritmo puede enfocar fácilmente un área ya definida de soluciones que cumplen con la función de calidad, pero que necesariamente no son las óptimas para el portafolio.

Ahora bien, se ingresamos los puntos de las mutaciones iniciales y los puntos hallados en el cruzamiento se puede obtener la siguiente gráfica:

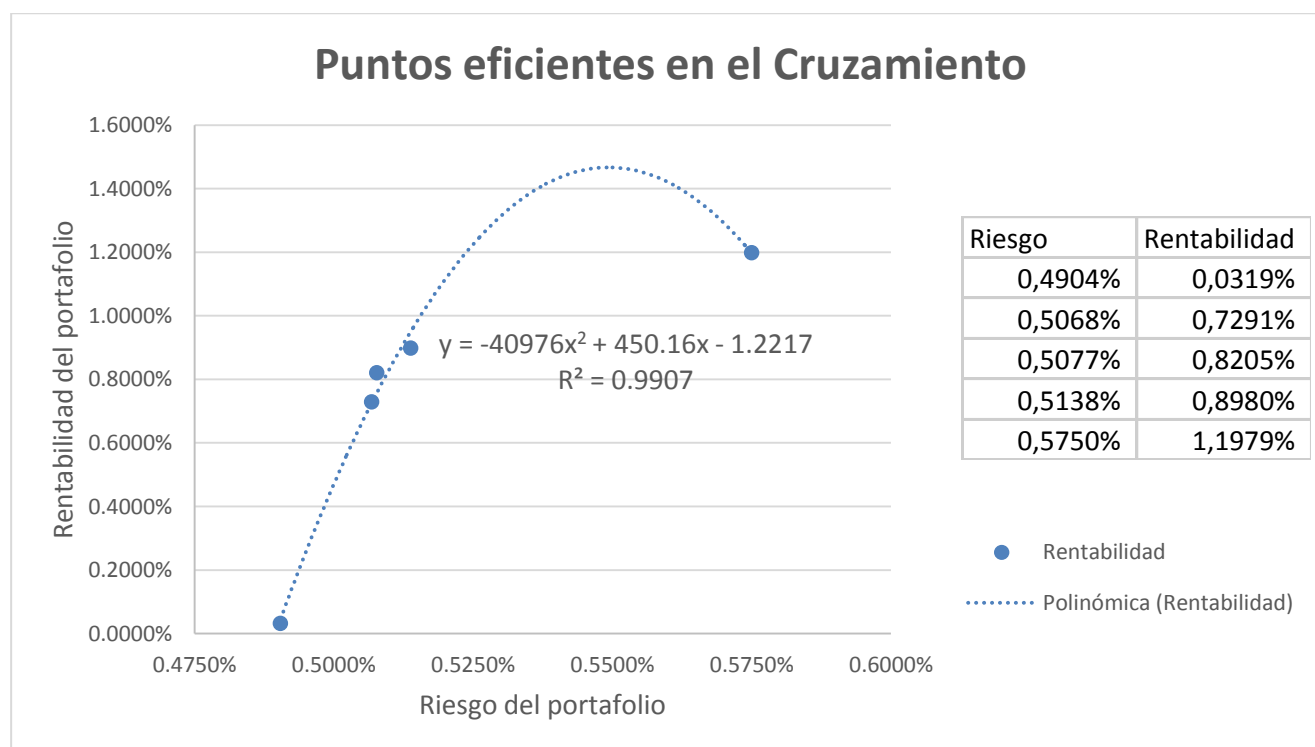
Ilustración 12. Gráfica mutación y cruzamiento Algoritmo genético



Fuente: Elaboración propia

La gráfica anterior muestra los puntos de portafolios óptimos arrojados por la mutación y cruzamiento bajo la metodología de Algoritmo Genético, evidenciando rentabilidades negativas que van desde -0,6714% con un riesgo asociado de 0,5604%, hasta rentabilidades de 1,1979% con un riesgo de 0,5750%; teniendo en cuenta que se invierten diferentes porcentajes en las 14 acciones estudiadas, evitando la concentración de inversión en las acciones más rentables o más riesgosas, sino bajo el supuesto de diversificación y que ninguna de ellas tiene porcentajes de inversión superior al 25% total del portafolio. Cabe resaltar, que los puntos resaltados en rojos delimitan una frontera eficiente de portafolio conformados por el algoritmo genético, más específicamente por el cruzamiento; si tomamos estos puntos y los graficamos por separado se puede obtener la siguiente gráfica:

Ilustración 13. Gráfica de frontera eficiente dada por el cruzamiento.



Fuente: Elaboración propia

Es importante analizar esta frontera, dado que se asemeja a la metodología que dicta MARKOWITZ para la conformación de portafolio óptimos, y para el caso del algoritmo genético esto no es ajeno; dado que, la ecuación parabólica que siguen estos puntos puede ser usada para determinar más puntos óptimos de portafolios que cumplan con la condición de calidad enunciada con anterioridad; donde esta ecuación tiene un alto grado de confiabilidad con un  $R=99\%$ .

Finalmente se recuerda, que el modelo de algoritmo genético parte de varias premisas que se fueron desarrollando a lo largo del proceso, como son:

- Minimizar la volatilidad y/o Riesgo
- Las rentabilidades y riesgos siguen funciones de distribuciones personalizadas y variables aleatorias.
- Los pesos de inversión de las acciones siguen la función de distribución triangular, donde estas variables pueden tomar valores entre 0% y 25%
- Se toma la volatilidad máxima de cada acción, hallando el inverso y ponderando el resultado con respecto al total.

## 6. CONCLUSIONES

- A lo largo de la realización de esta investigación, se pudieron constatar varias teorías clásicas de optimización de portafolios de inversión, y sin duda la más importante es aquella que postuló MARKOWITZ a mediados del siglo XX; sin embargo añadiendo a esta metodología de selección natural o Algoritmo genético, fue posible hallar soluciones óptimas mutando y cruzando la información de cada acción, cosa que bajo la óptica de optimización de MARKOWITZ solo es viable la obtención de un portafolio a la vez.
- La metodología expuesta en este trabajo de investigación aceleró el proceso para la conformación y cálculo de portafolios óptimos de acciones de renta variable en el mercado colombiano, permitiendo a su vez, la obtención de más resultados en una misma corrida de simulación y facilitando el análisis de problemas con más variables.
- Los inversionistas pueden maximizar sus rendimientos invirtiendo todo su capital en la acción que según los análisis históricos tenga el mayor rendimiento esperado; sin embargo, si buscan tener niveles de riesgos mínimos, la mejor opción es diversificar este último invirtiendo su capital en los diferentes títulos que ofrece la bolsa de valores, lo que conlleva a una reducción de riesgo sin afectación sustancial del rendimiento.
- La herramienta Solver de Excel permitió usar el método estocástico en aras de conocer los portafolios eficientes que conforman la llamada frontera eficiente de MARKOWITZ, tomando como referencia los puntos calculados al momento de maximizar la rentabilidad y minimizar el riesgo.
- Para realizar la selección de las acciones que conformaron el portafolio se combinaron dos metodologías las cuales permitieron complementar el análisis, con el análisis propuesto por MARKOWITZ se analizaron los comportamientos de las cotizaciones

(Rentabilidades y riesgos) y con el algoritmo genético encontrando el área bajo la curva de Riesgo Vs Rentabilidad, la cual está conformada de  $n$  portafolios óptimos.

- El algoritmo genético es un método fácil de aplicar a la solución del problema de portafolio, en este caso se tomaron las variables de acuerdo con su comportamiento estocástico.
- En esta investigación se hizo un esfuerzo en originar la primera solución. A diferencia de las demás investigaciones que proponen una primera solución aleatoria, no siempre se garantiza el hallazgo de una solución óptima o cercana a la óptima.
- La primera solución propuesta es el inverso del riesgo, para determinar los pesos o porcentajes de participación de cada activo en el portafolio. es decir, a mayor riesgo, menor es el porcentaje de participación.
- Los porcentajes de participación se asumen que siguen una distribución triangular. Debido a los tres perfiles de inversionistas: conservador, moderado y agresivo.
- Las distribuciones de los precios de las acciones no tomaron distribuciones de probabilidades paramétricas, sino que se construyeron en forma personalizada para cada acción.
- Al momento de realizar los cruzamientos bajo el esquema de Algoritmo Genético, se logra identificar que el modelo puede encontrar mejores soluciones óptimas, dado que el cambio de variables entre acciones permite explorar áreas diferentes a las que se obtienen con las mutaciones iniciales.



## 7. RECOMENDACIONES

- En la construcción de distribuciones personalizadas, si se halla un coeficiente de determinación relativamente bajo, se puede plantear dos alternativas. aumentar el número de puntos para construir la función de distribución. Otra alternativa, disminuir la varianza, excluyendo los valores más atípicos.
- La frontera eficiente sigue la función matemática de segundo grado de la parábola, se puede aprovechar, para definir la probabilidad de ocurrencia de un determinado rango de rentabilidad y precio hallando las integrales con límites en la frontera.
- A veces es difícil hallar la solución de un portafolio de inversión por Solver cuando se toman variables aleatorias, es conveniente utilizar la técnica del algoritmo genético principalmente en estos casos.
- Al desarrollar el modelo se encontraron muchas soluciones cercanas a la frontera eficiente. Será de gran aporte a la eficiencia del modelo complementándolo con los algoritmos de vecindad y rescatar muchas soluciones que se ubican cerca de la frontera eficiente.
- El uso del algoritmo genético a través de Excel, permite crear modelos con desarrollo manual para personas sin conocimiento en la construcción de aplicativos. Pero es de gran impacto contar con herramientas de software para ahorrar tiempo en la toma de posiciones de negociación en el mercado.
- La apropiación de conocimiento de la inversión en portafolios de renta variable usando variables estocásticas, conlleva a la conformación de portafolios de renta fija y divisas para empresas de clase mundial.
- Además del uso de heurísticas, se recomienda el uso del algoritmo genético con base en variables binarias, que puede resultar de mayor simplicidad en su desarrollo.



- La metodología empleada en este trabajo, se puede extender a otras necesidades en el mercado de valores como son: los portafolios de cobertura, Portafolios de inmunización del riesgo de mercado. Y también, un súper portafolio que integre divisas, renta fija y acciones.
- Es recomendable para medir el riesgo ampliar los datos históricos para darle más confiabilidad al modelo.
- Se recomienda continuar con este tema de investigación en la facultad de Ingeniería Industrial para ampliar este tipo de metodología de optimización que se puede llevar fácilmente a resolver muchos otros tipos de problemas, como: portafolios mixtos, mezcla de productos óptima, punto de equilibrio con n productos, entre otros.
- Incluir pruebas de stresstesting y backtesting en aras de conocer el comportamiento del portafolio ante los cambios de las variables de Rentabilidad, Riesgo y Volatilidad de las acciones y del mercado en general.
- En aras de realizar una inversión en bolsa de valores, es necesario incluir algunas estrategias de inversión de capital que permitan tomar algunas decisiones, como por ejemplo saber del momento de compra y venta de acciones una vez conocido cual será la conformación del portafolio óptimo, dado que la postura de compra y venta debe venir acompañada de las tendencias actuales de las empresas emisoras de las acciones, al igual que el comportamiento general del mercado.

## ANEXOS

CLASE DE ACCIÓN	DEFINICIÓN	DERECHOS QUE CONFIERE	VENTAJAS
Ordinaria	Acción que tiene la característica de conceder a su titular derechos económicos y políticos provenientes de la participación en el capital de la entidad emisora.	Derechos económicos que están relacionados con la posibilidad de percibir dividendos de acuerdo con las utilidades que genere la empresa y los derechos políticos que permiten a su titular tener derecho a voto en la asamblea general de accionistas.	Permiten vincular nuevos accionistas, ampliar el flotante y así financiar los planes de desarrollo de la entidad.
Preferencial sin derecho a voto	Acción que da a su poseedor prioridad en el pago de dividendos y/o en caso de disolución de la empresa, el reembolso del capital. Estas Acciones no podrán representar más del 50 % del capital suscrito.	Da derecho económico a percibir utilidades pero no da derechos políticos, es decir que no da derecho a voto en las Asambleas de los accionistas, excepto cuando se especifica este derecho o cuando ocurren eventos especiales como la no declaración de dividendos preferenciales.	Ayudan a capitalizar la compañía sin perder el control de la empresa. Se cuenta con esta alternativa, en la que los nuevos accionistas no tendrán la intención de interferir en el manejo de la sociedad y en contraprestación obtendrán por su inversión un dividendo mínimo definido por la empresa que emita.
Acción privilegiada	Esta clase de acciones otorga a su titular, además de los derechos consagrados para las acciones ordinarias, los siguientes privilegios: ■ Un derecho preferencial para su reembolso en caso de liquidación hasta la concurrencia de su valor nominal.	Conceden los mismos derechos que las acciones ordinarias, sin embargo, en cuanto a los derechos económicos conceden beneficios adicionales para hacerlas comercialmente más atractivas	Se crearon con el propósito de hacerlas más atractivas que las acciones ordinarias y así satisfacer, en parte, el anhelo de todo inversionista de tener seguridad económica para su inversión; estas acciones conceden, exclusivamente, beneficios económicos.

## Anexo A Tipos de acciones

Fuente: BVC – Bolsa de Valores de Colombia S.A.

fecha	PFBCOLOM	GRUPOSURA	ECOPETROL	BCOLOMBIA	NUTRESA	GRUPOARGOS	ISA	PFAVAL	CEMARGOS	PFGRUPSURA	PFGRUPOARG	EEB	PFDVVNDA	EXTO	BOGOTA
2/01/2017	\$ 27.120	\$ 37.980	\$ 1.360	\$ 25.400	\$ 24.900	\$ 19.000	\$ 9.930	\$ 1.215	\$ 11.900	\$ 37.200	\$ 17.640		\$ 29.840	\$ 15.000	
3/01/2017	\$ 27.640	\$ 38.000	\$ 1.380	\$ 25.500	\$ 24.840	\$ 19.120	\$ 9.960	\$ 1.220	\$ 11.880	\$ 36.700	\$ 18.000	\$ 1.810	\$ 30.720	\$ 15.100	\$ 60.340
4/01/2017	\$ 27.860	\$ 38.800	\$ 1.400	\$ 25.700	\$ 24.980	\$ 19.700	\$ 10.080	\$ 1.235	\$ 11.900	\$ 37.700	\$ 18.500	\$ 1.815	\$ 31.120	\$ 15.180	\$ 61.680
5/01/2017	\$ 27.840	\$ 38.600	\$ 1.415	\$ 25.700	\$ 25.060	\$ 19.680	\$ 10.140	\$ 1.230	\$ 11.980	\$ 37.620	\$ 18.660	\$ 1.845	\$ 31.300	\$ 15.200	\$ 63.000
6/01/2017	\$ 27.840	\$ 38.500	\$ 1.395	\$ 25.700	\$ 24.960	\$ 19.740	\$ 10.180	\$ 1.215	\$ 11.980	\$ 37.400	\$ 18.700	\$ 1.850	\$ 31.300	\$ 15.040	\$ 63.000
10/01/2017	\$ 28.280	\$ 38.200	\$ 1.390	\$ 26.000	\$ 24.860	\$ 19.680	\$ 10.140	\$ 1.205	\$ 11.820	\$ 37.500	\$ 18.660	\$ 1.835	\$ 30.640	\$ 14.920	\$ 62.980
11/01/2017	\$ 28.380	\$ 38.300	\$ 1.410	\$ 25.980	\$ 24.860	\$ 19.520	\$ 10.120	\$ 1.205	\$ 11.980	\$ 37.760	\$ 18.660	\$ 1.840	\$ 30.640	\$ 14.920	\$ 62.940
12/01/2017	\$ 28.180	\$ 38.200	\$ 1.400	\$ 25.860	\$ 24.760	\$ 19.500	\$ 10.100	\$ 1.220	\$ 11.780	\$ 37.680	\$ 18.480	\$ 1.830	\$ 30.680	\$ 14.920	\$ 61.560
13/01/2017	\$ 27.920	\$ 38.480	\$ 1.405	\$ 25.880	\$ 24.620	\$ 19.600	\$ 10.120	\$ 1.210	\$ 11.800	\$ 37.660	\$ 18.580	\$ 1.845	\$ 30.660	\$ 14.860	\$ 62.000
16/01/2017	\$ 27.700	\$ 37.860	\$ 1.400	\$ 25.640	\$ 24.420	\$ 19.320	\$ 10.060	\$ 1.215	\$ 11.820	\$ 37.320	\$ 18.500	\$ 1.845	\$ 30.580	\$ 14.940	\$ 61.000
17/01/2017	\$ 27.720	\$ 38.040	\$ 1.400	\$ 25.620	\$ 24.360	\$ 19.460	\$ 10.080	\$ 1.205	\$ 11.700	\$ 37.680	\$ 18.640	\$ 1.845	\$ 30.500	\$ 14.880	\$ 62.400
18/01/2017	\$ 27.840	\$ 38.380	\$ 1.390	\$ 25.420	\$ 24.220	\$ 19.500	\$ 10.160	\$ 1.210	\$ 11.700	\$ 37.420	\$ 18.600	\$ 1.835	\$ 30.600	\$ 14.800	\$ 62.400
19/01/2017	\$ 27.660	\$ 38.500	\$ 1.395	\$ 25.460	\$ 24.260	\$ 19.440	\$ 10.140	\$ 1.200	\$ 11.900	\$ 37.680	\$ 18.480	\$ 1.835	\$ 30.520	\$ 14.740	\$ 61.920
20/01/2017	\$ 27.660	\$ 38.260	\$ 1.385	\$ 25.460	\$ 24.000	\$ 19.480	\$ 10.140	\$ 1.185	\$ 11.700	\$ 37.580	\$ 18.400	\$ 1.835	\$ 30.900	\$ 14.620	\$ 61.880
23/01/2017	\$ 27.660	\$ 38.400	\$ 1.400	\$ 25.500	\$ 24.180	\$ 19.360	\$ 10.140	\$ 1.200	\$ 11.680	\$ 37.740	\$ 18.400	\$ 1.835	\$ 31.080	\$ 14.720	\$ 61.480
24/01/2017	\$ 27.740	\$ 38.840	\$ 1.400	\$ 25.540	\$ 24.200	\$ 19.780	\$ 10.200	\$ 1.210	\$ 11.840	\$ 38.140	\$ 18.660	\$ 1.835	\$ 31.500	\$ 15.060	\$ 61.800
25/01/2017	\$ 27.780	\$ 38.880	\$ 1.385	\$ 25.500	\$ 24.400	\$ 19.600	\$ 10.260	\$ 1.210	\$ 11.720	\$ 38.040	\$ 18.580	\$ 1.840	\$ 31.600	\$ 15.060	\$ 61.780
26/01/2017	\$ 28.160	\$ 38.820	\$ 1.390	\$ 25.700	\$ 24.260	\$ 19.680	\$ 10.400	\$ 1.215	\$ 11.900	\$ 38.300	\$ 18.680	\$ 1.840	\$ 31.420	\$ 15.400	\$ 60.700
27/01/2017	\$ 27.780	\$ 39.100	\$ 1.390	\$ 25.520	\$ 24.600	\$ 19.600	\$ 10.520	\$ 1.215	\$ 11.960	\$ 38.400	\$ 18.700	\$ 1.830	\$ 31.780	\$ 15.580	\$ 61.640
30/01/2017	\$ 27.620	\$ 39.300	\$ 1.370	\$ 25.500	\$ 24.340	\$ 19.420	\$ 10.500	\$ 1.220	\$ 11.800	\$ 38.400	\$ 18.600	\$ 1.820	\$ 31.440	\$ 15.600	\$ 61.000
31/01/2017	\$ 27.560	\$ 39.000	\$ 1.375	\$ 25.480	\$ 24.060	\$ 19.360	\$ 10.560	\$ 1.195	\$ 11.660	\$ 38.020	\$ 18.840	\$ 1.800	\$ 31.460	\$ 15.600	\$ 59.860
1/02/2017	\$ 27.580	\$ 39.060	\$ 1.395	\$ 25.300	\$ 23.900	\$ 19.500	\$ 10.480	\$ 1.200	\$ 11.680	\$ 38.400	\$ 18.580	\$ 1.810	\$ 31.200	\$ 15.520	\$ 60.780
2/02/2017	\$ 27.840	\$ 39.460	\$ 1.390	\$ 25.540	\$ 24.100	\$ 19.800	\$ 10.540	\$ 1.215	\$ 11.780	\$ 38.800	\$ 18.820	\$ 1.825	\$ 31.200	\$ 15.540	\$ 60.120
3/02/2017	\$ 27.800	\$ 39.480	\$ 1.385	\$ 25.560	\$ 24.380	\$ 19.900	\$ 10.640	\$ 1.220	\$ 11.880	\$ 38.680	\$ 18.820	\$ 1.830	\$ 31.540	\$ 15.620	\$ 60.080
6/02/2017	\$ 27.800	\$ 39.440	\$ 1.375	\$ 25.540	\$ 24.000	\$ 19.940	\$ 10.760	\$ 1.215	\$ 11.920	\$ 38.640	\$ 18.800	\$ 1.820	\$ 31.000	\$ 15.680	\$ 60.640
7/02/2017	\$ 27.480	\$ 39.300	\$ 1.355	\$ 25.300	\$ 23.800	\$ 19.900	\$ 10.620	\$ 1.220	\$ 11.880	\$ 38.480	\$ 18.860	\$ 1.820	\$ 30.640	\$ 15.760	\$ 60.200
8/02/2017	\$ 27.280	\$ 38.800	\$ 1.355	\$ 25.120	\$ 23.720	\$ 19.500	\$ 10.520	\$ 1.205	\$ 11.860	\$ 37.960	\$ 18.620	\$ 1.805	\$ 30.040	\$ 15.740	\$ 60.660
9/02/2017	\$ 27.220	\$ 38.260	\$ 1.355	\$ 25.120	\$ 24.000	\$ 19.240	\$ 10.600	\$ 1.210	\$ 11.700	\$ 37.320	\$ 18.500	\$ 1.815	\$ 29.820	\$ 15.880	\$ 60.700
10/02/2017	\$ 27.240	\$ 38.260	\$ 1.380	\$ 25.220	\$ 24.000	\$ 19.220	\$ 10.560	\$ 1.205	\$ 11.700	\$ 37.580	\$ 18.580	\$ 1.805	\$ 30.140	\$ 15.740	\$ 60.620
13/02/2017	\$ 27.300	\$ 38.480	\$ 1.375	\$ 25.220	\$ 24.040	\$ 19.600	\$ 10.740	\$ 1.200	\$ 11.780	\$ 37.760	\$ 18.600	\$ 1.830	\$ 30.340	\$ 15.860	\$ 60.680
14/02/2017	\$ 26.840	\$ 37.660	\$ 1.365	\$ 24.720	\$ 23.800	\$ 19.280	\$ 10.600	\$ 1.145	\$ 11.700	\$ 36.860	\$ 18.300	\$ 1.815	\$ 29.980	\$ 15.600	\$ 55.540
15/02/2017	\$ 27.300	\$ 38.000	\$ 1.365	\$ 24.920	\$ 23.940	\$ 19.440	\$ 10.700	\$ 1.145	\$ 11.760	\$ 37.140	\$ 18.400	\$ 1.815	\$ 29.800	\$ 15.700	\$ 59.500
16/02/2017	\$ 27.640	\$ 38.440	\$ 1.360	\$ 25.300	\$ 24.040	\$ 19.660	\$ 10.800	\$ 1.165	\$ 11.780	\$ 37.560	\$ 18.640	\$ 1.830	\$ 30.160	\$ 15.840	\$ 57.980
17/02/2017	\$ 27.340	\$ 38.740	\$ 1.350	\$ 25.060	\$ 24.040	\$ 19.700	\$ 10.840	\$ 1.170	\$ 11.800	\$ 37.560	\$ 18.760	\$ 1.830	\$ 30.180	\$ 15.780	\$ 58.520
20/02/2017	\$ 27.400	\$ 38.500	\$ 1.355	\$ 25.040	\$ 24.280	\$ 19.660	\$ 10.760	\$ 1.160	\$ 11.760	\$ 37.540	\$ 18.760	\$ 1.815	\$ 29.900	\$ 15.780	\$ 59.400
21/02/2017	\$ 27.200	\$ 38.100	\$ 1.345	\$ 25.020	\$ 24.280	\$ 19.760	\$ 10.780	\$ 1.150	\$ 11.740	\$ 37.480	\$ 18.680	\$ 1.815	\$ 30.100	\$ 15.800	\$ 59.680
22/02/2017	\$ 27.400	\$ 37.700	\$ 1.310	\$ 25.100	\$ 24.200	\$ 19.580	\$ 10.800	\$ 1.150	\$ 11.700	\$ 37.000	\$ 18.600	\$ 1.820	\$ 30.020	\$ 15.720	\$ 58.000
23/02/2017	\$ 27.820	\$ 37.500	\$ 1.335	\$ 25.460	\$ 24.160	\$ 19.800	\$ 10.980	\$ 1.155	\$ 11.860	\$ 36.120	\$ 18.720	\$ 1.815	\$ 30.100	\$ 15.920	\$ 58.780
24/02/2017	\$ 27.240	\$ 37.220	\$ 1.320	\$ 24.940	\$ 23.780	\$ 19.860	\$ 11.260	\$ 1.140	\$ 11.820	\$ 36.260	\$ 18.840	\$ 1.820	\$ 30.000	\$ 15.900	\$ 58.760
27/02/2017	\$ 27.680	\$ 36.880	\$ 1.335	\$ 25.300	\$ 23.700	\$ 19.880	\$ 11.220	\$ 1.155	\$ 11.780	\$ 36.000	\$ 18.960	\$ 1.810	\$ 29.800	\$ 15.700	\$ 57.980
28/02/2017	\$ 27.300	\$ 36.580	\$ 1.320	\$ 25.000	\$ 23.600	\$ 19.760	\$ 11.200	\$ 1.135	\$ 11.700	\$ 35.500	\$ 18.740	\$ 1.820	\$ 29.700	\$ 15.540	\$ 58.000

fecha	PFBCOLOM	GRUPOSURA	ECOPETROL	BCOLOMBIA	NUTRESA	GRUPOARGOS	ISA	PFAVAL	CEMARGOS	PFGRUPSURA	PFGRUPOARG	EEB	PFDVVNDA	EXITO	BOGOTA
1/03/2017	\$ 27.520	\$ 36.780	\$ 1.310	\$ 25.300	\$ 23.460	\$ 19.880	\$ 11.440	\$ 1.135	\$ 11.800	\$ 35.820	\$ 18.800	\$ 1.805	\$ 29.480	\$ 15.440	\$ 57.080
2/03/2017	\$ 27.400	\$ 36.920	\$ 1.315	\$ 25.040	\$ 23.200	\$ 19.800	\$ 11.380	\$ 1.125	\$ 11.800	\$ 36.400	\$ 18.920	\$ 1.815	\$ 29.700	\$ 15.360	\$ 58.000
3/03/2017	\$ 27.580	\$ 36.820	\$ 1.320	\$ 25.200	\$ 23.120	\$ 19.860	\$ 11.320	\$ 1.140	\$ 11.680	\$ 36.540	\$ 18.720	\$ 1.820	\$ 30.180	\$ 15.400	\$ 58.000
6/03/2017	\$ 27.640	\$ 37.340	\$ 1.320	\$ 25.300	\$ 23.700	\$ 19.840	\$ 11.340	\$ 1.140	\$ 11.880	\$ 36.680	\$ 18.760	\$ 1.820	\$ 30.380	\$ 15.480	\$ 57.200
7/03/2017	\$ 27.540	\$ 37.280	\$ 1.330	\$ 25.280	\$ 23.860	\$ 19.920	\$ 11.340	\$ 1.120	\$ 11.840	\$ 36.760	\$ 18.820	\$ 1.815	\$ 30.300	\$ 15.500	\$ 58.000
8/03/2017	\$ 27.600	\$ 37.040	\$ 1.295	\$ 25.240	\$ 23.960	\$ 19.760	\$ 11.420	\$ 1.130	\$ 11.800	\$ 36.700	\$ 18.700	\$ 1.800	\$ 29.200	\$ 15.220	\$ 57.040
9/03/2017	\$ 27.400	\$ 37.480	\$ 1.310	\$ 25.120	\$ 23.920	\$ 19.900	\$ 11.340	\$ 1.130	\$ 11.920	\$ 37.080	\$ 18.900	\$ 1.815	\$ 29.380	\$ 15.200	\$ 58.000
10/03/2017	\$ 27.600	\$ 37.900	\$ 1.315	\$ 25.280	\$ 24.100	\$ 19.900	\$ 11.360	\$ 1.130	\$ 11.820	\$ 37.380	\$ 18.800	\$ 1.820	\$ 29.520	\$ 15.320	\$ 57.980
13/03/2017	\$ 27.880	\$ 38.300	\$ 1.315	\$ 25.420	\$ 23.780	\$ 19.960	\$ 11.400	\$ 1.145	\$ 11.900	\$ 37.840	\$ 18.960	\$ 1.820	\$ 29.500	\$ 15.320	\$ 57.960
14/03/2017	\$ 27.100	\$ 37.800	\$ 1.290	\$ 24.800	\$ 23.380	\$ 19.640	\$ 11.240	\$ 1.125	\$ 11.660	\$ 37.500	\$ 18.200	\$ 1.800	\$ 29.300	\$ 15.020	\$ 57.240
15/03/2017	\$ 27.360	\$ 38.260	\$ 1.315	\$ 25.100	\$ 23.260	\$ 19.740	\$ 11.340	\$ 1.135	\$ 11.780	\$ 37.800	\$ 18.680	\$ 1.815	\$ 29.600	\$ 15.100	\$ 57.500
16/03/2017	\$ 27.660	\$ 38.500	\$ 1.320	\$ 25.300	\$ 23.900	\$ 20.140	\$ 11.380	\$ 1.150	\$ 11.840	\$ 37.880	\$ 19.180	\$ 1.810	\$ 29.680	\$ 15.140	\$ 58.520
17/03/2017	\$ 27.560	\$ 38.000	\$ 1.300	\$ 25.380	\$ 24.000	\$ 20.000	\$ 11.480	\$ 1.150	\$ 11.900	\$ 37.660	\$ 18.800	\$ 1.820	\$ 29.800	\$ 15.140	\$ 58.980
21/03/2017	\$ 27.880	\$ 38.500	\$ 1.325	\$ 25.580	\$ 23.800	\$ 19.900	\$ 11.680	\$ 1.150	\$ 11.860	\$ 37.580	\$ 18.800	\$ 1.820	\$ 29.760	\$ 15.140	\$ 58.700
22/03/2017	\$ 28.500	\$ 38.860	\$ 1.320	\$ 25.920	\$ 23.620	\$ 19.960	\$ 11.580	\$ 1.165	\$ 11.880	\$ 38.160	\$ 18.820	\$ 1.810	\$ 30.000	\$ 15.200	\$ 57.760
23/03/2017	\$ 28.500	\$ 39.280	\$ 1.320	\$ 25.920	\$ 23.980	\$ 20.160	\$ 11.660	\$ 1.155	\$ 11.960	\$ 38.540	\$ 19.200	\$ 1.830	\$ 30.100	\$ 15.300	\$ 59.000
24/03/2017	\$ 28.460	\$ 39.040	\$ 1.315	\$ 25.900	\$ 24.060	\$ 20.000	\$ 11.560	\$ 1.160	\$ 11.820	\$ 38.280	\$ 19.160	\$ 1.815	\$ 30.000	\$ 15.280	\$ 59.480
27/03/2017	\$ 28.780	\$ 38.900	\$ 1.305	\$ 26.300	\$ 23.980	\$ 19.980	\$ 11.540	\$ 1.155	\$ 11.920	\$ 38.180	\$ 19.080	\$ 1.805	\$ 29.880	\$ 15.200	\$ 59.440
28/03/2017	\$ 29.140	\$ 39.100	\$ 1.325	\$ 26.400	\$ 24.000	\$ 19.960	\$ 11.560	\$ 1.155	\$ 11.920	\$ 38.220	\$ 19.000	\$ 1.820	\$ 30.100	\$ 15.220	\$ 59.380
29/03/2017	\$ 28.800	\$ 39.200	\$ 1.340	\$ 26.300	\$ 24.160	\$ 20.140	\$ 11.520	\$ 1.165	\$ 11.860	\$ 38.240	\$ 19.140	\$ 1.820	\$ 30.460	\$ 15.280	\$ 59.380
30/03/2017	\$ 29.060	\$ 39.100	\$ 1.340	\$ 26.480	\$ 24.380	\$ 20.260	\$ 11.600	\$ 1.175	\$ 11.960	\$ 38.200	\$ 19.180	\$ 1.820	\$ 30.320	\$ 15.400	\$ 59.500
31/03/2017	\$ 28.700	\$ 39.080	\$ 1.350	\$ 26.260	\$ 24.380	\$ 20.240	\$ 11.600	\$ 1.170	\$ 11.800	\$ 38.200	\$ 19.200	\$ 1.830	\$ 29.920	\$ 15.320	\$ 59.500
3/04/2017	\$ 29.100	\$ 38.900	\$ 1.350	\$ 26.560	\$ 24.360	\$ 20.260	\$ 11.540	\$ 1.170	\$ 11.840	\$ 38.000	\$ 19.140	\$ 1.820	\$ 30.080	\$ 15.280	\$ 60.860
4/04/2017	\$ 29.080	\$ 39.000	\$ 1.355	\$ 26.380	\$ 24.360	\$ 20.220	\$ 11.520	\$ 1.170	\$ 11.860	\$ 38.000	\$ 19.060	\$ 1.825	\$ 30.380	\$ 15.320	\$ 60.000
5/04/2017	\$ 29.200	\$ 38.920	\$ 1.350	\$ 26.600	\$ 24.300	\$ 20.480	\$ 11.580	\$ 1.180	\$ 11.880	\$ 37.780	\$ 19.160	\$ 1.830	\$ 30.360	\$ 15.280	\$ 60.300
6/04/2017	\$ 28.860	\$ 39.000	\$ 1.355	\$ 26.500	\$ 24.300	\$ 20.420	\$ 11.520	\$ 1.180	\$ 11.900	\$ 38.180	\$ 19.280	\$ 1.835	\$ 30.260	\$ 15.360	\$ 60.180
7/04/2017	\$ 28.700	\$ 39.280	\$ 1.365	\$ 26.380	\$ 24.120	\$ 20.400	\$ 11.620	\$ 1.175	\$ 11.780	\$ 38.080	\$ 19.260	\$ 1.845	\$ 30.280	\$ 15.320	\$ 60.800
10/04/2017	\$ 29.060	\$ 39.500	\$ 1.385	\$ 26.800	\$ 24.120	\$ 20.360	\$ 11.640	\$ 1.190	\$ 11.860	\$ 38.220	\$ 19.260	\$ 1.840	\$ 30.300	\$ 15.260	\$ 60.800
11/04/2017	\$ 29.040	\$ 39.120	\$ 1.390	\$ 26.700	\$ 24.300	\$ 20.280	\$ 11.600	\$ 1.200	\$ 11.760	\$ 38.020	\$ 19.200	\$ 1.840	\$ 30.360	\$ 15.300	\$ 60.300
12/04/2017	\$ 28.720	\$ 39.360	\$ 1.400	\$ 26.780	\$ 24.380	\$ 20.440	\$ 11.700	\$ 1.210	\$ 11.840	\$ 38.380	\$ 19.260	\$ 1.835	\$ 30.440	\$ 15.280	\$ 60.800
17/04/2017	\$ 28.920	\$ 38.720	\$ 1.370	\$ 26.600	\$ 24.360	\$ 20.360	\$ 11.660	\$ 1.200	\$ 11.880	\$ 38.200	\$ 19.260	\$ 1.835	\$ 30.060	\$ 15.240	\$ 60.500
18/04/2017	\$ 28.560	\$ 39.200	\$ 1.375	\$ 26.400	\$ 24.400	\$ 20.400	\$ 11.660	\$ 1.200	\$ 11.860	\$ 38.380	\$ 19.260	\$ 1.835	\$ 30.200	\$ 15.240	\$ 60.300
19/04/2017	\$ 28.000	\$ 39.100	\$ 1.375	\$ 25.820	\$ 24.400	\$ 20.420	\$ 11.500	\$ 1.200	\$ 11.900	\$ 38.000	\$ 19.080	\$ 1.825	\$ 30.080	\$ 15.240	\$ 60.000
20/04/2017	\$ 28.220	\$ 38.900	\$ 1.380	\$ 26.020	\$ 24.420	\$ 20.400	\$ 11.420	\$ 1.180	\$ 11.960	\$ 38.000	\$ 19.160	\$ 1.825	\$ 30.000	\$ 15.140	\$ 60.000
21/04/2017	\$ 28.360	\$ 38.900	\$ 1.365	\$ 26.500	\$ 24.360	\$ 20.400	\$ 11.440	\$ 1.180	\$ 11.920	\$ 37.700	\$ 19.080	\$ 1.835	\$ 29.920	\$ 14.940	\$ 60.000
24/04/2017	\$ 28.660	\$ 38.920	\$ 1.360	\$ 26.700	\$ 24.160	\$ 20.260	\$ 11.540	\$ 1.190	\$ 12.040	\$ 37.700	\$ 19.020	\$ 1.840	\$ 30.100	\$ 14.900	\$ 60.080
25/04/2017	\$ 29.000	\$ 38.900	\$ 1.365	\$ 26.940	\$ 24.220	\$ 20.580	\$ 11.560	\$ 1.190	\$ 12.180	\$ 37.700	\$ 19.200	\$ 1.840	\$ 30.400	\$ 14.640	\$ 60.220
26/04/2017	\$ 28.960	\$ 39.080	\$ 1.380	\$ 27.080	\$ 24.180	\$ 20.500	\$ 11.640	\$ 1.175	\$ 12.060	\$ 37.680	\$ 19.140	\$ 1.840	\$ 30.900	\$ 14.900	\$ 60.120
27/04/2017	\$ 28.500	\$ 38.440	\$ 1.340	\$ 26.660	\$ 24.280	\$ 20.300	\$ 11.640	\$ 1.160	\$ 11.900	\$ 37.400	\$ 19.200	\$ 1.850	\$ 30.900	\$ 14.980	\$ 60.280
28/04/2017	\$ 28.720	\$ 38.900	\$ 1.360	\$ 27.040	\$ 24.420	\$ 20.400	\$ 11.660	\$ 1.165	\$ 11.900	\$ 37.660	\$ 19.100	\$ 1.845	\$ 31.000	\$ 15.240	\$ 60.300

fecha	PFBCELOM	GRUPOSURA	ECOPETROL	BCOLOMBIA	NUTRESA	GRUPOARGOS	ISA	PFAVAL	CEMARGOS	PFGRUPSURA	PFGRUPOARG	EEB	PFDVAVNDA	EXITO	BOGOTA
2/05/2017	\$ 29.280	\$ 38.640	\$ 1.335	\$ 27.040	\$ 24.440	\$ 20.300	\$ 11.700	\$ 1.170	\$ 12.040	\$ 37.700	\$ 19.140	\$ 1.840	\$ 30.680	\$ 15.420	\$ 60.780
3/05/2017	\$ 29.160	\$ 38.420	\$ 1.355	\$ 27.080	\$ 24.420	\$ 20.200	\$ 11.680	\$ 1.165	\$ 11.900	\$ 37.560	\$ 18.920	\$ 1.840	\$ 30.520	\$ 15.460	\$ 60.000
4/05/2017	\$ 29.660	\$ 39.000	\$ 1.365	\$ 27.380	\$ 24.600	\$ 20.500	\$ 11.640	\$ 1.175	\$ 11.960	\$ 37.900	\$ 19.240	\$ 1.865	\$ 30.920	\$ 15.420	\$ 60.820
5/05/2017	\$ 29.560	\$ 38.940	\$ 1.345	\$ 27.300	\$ 24.400	\$ 20.180	\$ 11.560	\$ 1.160	\$ 11.900	\$ 37.600	\$ 19.020	\$ 1.870	\$ 30.980	\$ 15.400	\$ 60.800
8/05/2017	\$ 30.680	\$ 39.260	\$ 1.380	\$ 28.000	\$ 25.140	\$ 20.760	\$ 11.860	\$ 1.180	\$ 12.120	\$ 38.160	\$ 19.380	\$ 1.920	\$ 31.500	\$ 15.640	\$ 60.520
9/05/2017	\$ 30.680	\$ 39.260	\$ 1.380	\$ 28.000	\$ 25.140	\$ 20.760	\$ 11.860	\$ 1.180	\$ 12.120	\$ 38.160	\$ 19.380	\$ 1.920	\$ 31.500	\$ 15.640	\$ 60.520
10/05/2017	\$ 31.140	\$ 39.300	\$ 1.380	\$ 28.520	\$ 25.340	\$ 20.700	\$ 12.180	\$ 1.180	\$ 12.200	\$ 38.200	\$ 19.420	\$ 1.880	\$ 31.760	\$ 15.680	\$ 61.520
11/05/2017	\$ 31.460	\$ 39.500	\$ 1.375	\$ 28.700	\$ 25.340	\$ 20.800	\$ 12.280	\$ 1.200	\$ 12.260	\$ 38.300	\$ 19.500	\$ 1.885	\$ 31.840	\$ 15.680	\$ 62.400
12/05/2017	\$ 31.460	\$ 39.500	\$ 1.375	\$ 28.700	\$ 25.340	\$ 20.800	\$ 12.280	\$ 1.200	\$ 12.260	\$ 38.300	\$ 19.500	\$ 1.885	\$ 31.840	\$ 15.680	\$ 62.400
15/05/2017	\$ 31.800	\$ 40.200	\$ 1.480	\$ 28.900	\$ 25.940	\$ 21.260	\$ 12.680	\$ 1.225	\$ 12.580	\$ 38.940	\$ 19.980	\$ 1.980	\$ 33.500	\$ 15.880	\$ 62.000
16/05/2017	\$ 32.160	\$ 39.800	\$ 1.450	\$ 29.820	\$ 25.940	\$ 20.980	\$ 12.580	\$ 1.225	\$ 12.260	\$ 38.780	\$ 19.680	\$ 1.920	\$ 33.580	\$ 15.720	\$ 61.900
17/05/2017	\$ 31.660	\$ 39.740	\$ 1.410	\$ 29.320	\$ 25.820	\$ 20.540	\$ 12.640	\$ 1.195	\$ 11.880	\$ 38.740	\$ 19.500	\$ 1.930	\$ 32.260	\$ 15.260	\$ 61.000
18/05/2017	\$ 31.660	\$ 39.740	\$ 1.410	\$ 29.320	\$ 25.820	\$ 20.540	\$ 12.640	\$ 1.195	\$ 11.880	\$ 38.740	\$ 19.500	\$ 1.930	\$ 32.260	\$ 15.260	\$ 61.000
19/05/2017	\$ 32.140	\$ 38.600	\$ 1.435	\$ 29.880	\$ 26.100	\$ 20.740	\$ 12.240	\$ 1.205	\$ 11.960	\$ 37.740	\$ 19.640	\$ 1.970	\$ 32.560	\$ 15.380	\$ 62.300
22/05/2017	\$ 32.040	\$ 39.000	\$ 1.425	\$ 29.980	\$ 25.800	\$ 20.660	\$ 12.620	\$ 1.200	\$ 11.860	\$ 38.180	\$ 19.520	\$ 1.985	\$ 32.760	\$ 15.480	\$ 62.280
23/05/2017	\$ 32.200	\$ 39.200	\$ 1.420	\$ 30.080	\$ 25.760	\$ 21.000	\$ 13.000	\$ 1.215	\$ 12.100	\$ 38.200	\$ 19.640	\$ 1.950	\$ 32.840	\$ 15.520	\$ 62.300
24/05/2017	\$ 32.260	\$ 39.180	\$ 1.405	\$ 30.100	\$ 25.760	\$ 21.120	\$ 13.320	\$ 1.220	\$ 12.100	\$ 38.200	\$ 19.700	\$ 1.950	\$ 32.780	\$ 15.580	\$ 62.400
25/05/2017	\$ 32.000	\$ 39.200	\$ 1.390	\$ 29.980	\$ 25.780	\$ 21.220	\$ 13.480	\$ 1.220	\$ 12.100	\$ 38.180	\$ 19.720	\$ 1.960	\$ 32.940	\$ 15.560	\$ 62.360
26/05/2017	\$ 32.120	\$ 39.380	\$ 1.395	\$ 30.040	\$ 25.920	\$ 21.400	\$ 13.940	\$ 1.205	\$ 12.120	\$ 38.200	\$ 19.800	\$ 1.935	\$ 32.920	\$ 15.600	\$ 62.360
30/05/2017	\$ 31.900	\$ 39.380	\$ 1.375	\$ 29.860	\$ 25.880	\$ 21.240	\$ 13.820	\$ 1.215	\$ 12.140	\$ 38.140	\$ 19.720	\$ 1.935	\$ 33.000	\$ 15.600	\$ 62.400
31/05/2017	\$ 32.260	\$ 38.600	\$ 1.335	\$ 30.480	\$ 25.840	\$ 20.940	\$ 14.100	\$ 1.215	\$ 11.720	\$ 37.820	\$ 19.860	\$ 1.960	\$ 33.020	\$ 15.600	\$ 62.380
1/06/2017	\$ 32.240	\$ 38.980	\$ 1.345	\$ 30.460	\$ 25.880	\$ 21.000	\$ 14.180	\$ 1.230	\$ 12.020	\$ 38.000	\$ 19.700	\$ 1.930	\$ 32.620	\$ 15.580	\$ 62.360
2/06/2017	\$ 32.200	\$ 38.780	\$ 1.335	\$ 30.240	\$ 25.880	\$ 21.200	\$ 14.000	\$ 1.235	\$ 12.200	\$ 37.800	\$ 19.940	\$ 1.930	\$ 32.420	\$ 15.680	\$ 62.200
5/06/2017	\$ 32.520	\$ 38.800	\$ 1.375	\$ 30.760	\$ 25.880	\$ 21.200	\$ 13.860	\$ 1.220	\$ 12.160	\$ 37.980	\$ 19.740	\$ 1.930	\$ 32.460	\$ 15.680	\$ 61.500
6/06/2017	\$ 32.980	\$ 39.000	\$ 1.400	\$ 30.940	\$ 26.000	\$ 21.040	\$ 14.000	\$ 1.235	\$ 12.160	\$ 38.100	\$ 19.860	\$ 1.965	\$ 32.880	\$ 15.640	\$ 62.700
7/06/2017	\$ 32.500	\$ 38.900	\$ 1.370	\$ 30.820	\$ 26.160	\$ 21.380	\$ 13.880	\$ 1.235	\$ 12.200	\$ 37.940	\$ 19.780	\$ 1.960	\$ 32.600	\$ 15.600	\$ 62.800
8/06/2017	\$ 32.780	\$ 38.720	\$ 1.350	\$ 30.680	\$ 26.260	\$ 21.040	\$ 13.860	\$ 1.230	\$ 12.160	\$ 37.780	\$ 19.700	\$ 1.980	\$ 32.640	\$ 15.600	\$ 62.940
9/06/2017	\$ 32.600	\$ 38.900	\$ 1.370	\$ 30.520	\$ 26.260	\$ 21.240	\$ 13.480	\$ 1.240	\$ 12.240	\$ 38.000	\$ 19.700	\$ 1.975	\$ 32.640	\$ 15.520	\$ 63.000
12/06/2017	\$ 32.800	\$ 38.800	\$ 1.360	\$ 30.780	\$ 26.180	\$ 21.020	\$ 13.300	\$ 1.230	\$ 12.160	\$ 38.100	\$ 19.680	\$ 1.975	\$ 32.400	\$ 15.460	\$ 62.980
13/06/2017	\$ 33.140	\$ 38.900	\$ 1.365	\$ 30.800	\$ 26.100	\$ 21.000	\$ 13.500	\$ 1.235	\$ 12.160	\$ 38.080	\$ 19.660	\$ 1.975	\$ 32.640	\$ 15.280	\$ 62.980
14/06/2017	\$ 33.500	\$ 39.000	\$ 1.350	\$ 31.180	\$ 26.080	\$ 21.400	\$ 13.640	\$ 1.245	\$ 12.100	\$ 38.180	\$ 19.680	\$ 1.970	\$ 32.740	\$ 15.560	\$ 62.960
15/06/2017	\$ 33.400	\$ 39.180	\$ 1.340	\$ 30.900	\$ 26.220	\$ 21.240	\$ 13.760	\$ 1.240	\$ 12.100	\$ 38.000	\$ 19.720	\$ 1.985	\$ 33.000	\$ 15.580	\$ 63.000
16/06/2017	\$ 33.400	\$ 39.180	\$ 1.340	\$ 30.900	\$ 26.220	\$ 21.240	\$ 13.760	\$ 1.240	\$ 12.100	\$ 38.000	\$ 19.720	\$ 1.985	\$ 33.000	\$ 15.580	\$ 63.000
20/06/2017	\$ 34.280	\$ 38.620	\$ 1.325	\$ 31.680	\$ 26.000	\$ 20.940	\$ 13.600	\$ 1.225	\$ 11.440	\$ 38.020	\$ 19.620	\$ 1.985	\$ 32.900	\$ 15.280	\$ 62.500
21/06/2017	\$ 32.180	\$ 38.960	\$ 1.350	\$ 30.000	\$ 25.700	\$ 21.200	\$ 13.460	\$ 1.215	\$ 11.780	\$ 38.200	\$ 19.700	\$ 2.000	\$ 32.600	\$ 15.400	\$ 62.800
22/06/2017	\$ 32.180	\$ 38.960	\$ 1.350	\$ 30.000	\$ 25.700	\$ 21.200	\$ 13.460	\$ 1.215	\$ 11.780	\$ 38.200	\$ 19.700	\$ 2.000	\$ 32.600	\$ 15.400	\$ 62.800
23/06/2017	\$ 32.140	\$ 38.800	\$ 1.340	\$ 30.100	\$ 25.900	\$ 20.860	\$ 13.600	\$ 1.215	\$ 11.780	\$ 38.080	\$ 19.780	\$ 2.020	\$ 32.600	\$ 15.320	\$ 62.620
27/06/2017	\$ 32.800	\$ 38.900	\$ 1.340	\$ 30.400	\$ 26.080	\$ 20.620	\$ 13.380	\$ 1.210	\$ 11.760	\$ 38.040	\$ 19.780	\$ 2.005	\$ 32.340	\$ 15.400	\$ 62.960
28/06/2017	\$ 33.680	\$ 39.100	\$ 1.340	\$ 31.000	\$ 26.000	\$ 20.860	\$ 13.460	\$ 1.225	\$ 11.760	\$ 38.500	\$ 19.700	\$ 1.980	\$ 32.900	\$ 15.300	
29/06/2017	\$ 34.000	\$ 39.300	\$ 1.360	\$ 31.600	\$ 26.300	\$ 20.880	\$ 13.500	\$ 1.250	\$ 11.800	\$ 38.480	\$ 19.700	\$ 1.985	\$ 32.880	\$ 15.360	\$ 62.200
30/06/2017	\$ 33.900	\$ 39.600	\$ 1.380	\$ 31.780	\$ 26.400	\$ 20.740	\$ 13.340	\$ 1.255	\$ 11.840	\$ 38.620	\$ 19.700	\$ 1.970	\$ 33.680	\$ 15.340	\$ 62.980

## OPTIMIZACIÓN PORTAFOLIO DE ACCIONES

142

fecha	PFCMARGOS	CLH	CELSIA	PFAVH	PROMIGAS	GRUPOAVAL	TERPEL	CNEC	CONCONCRET	BVC	ETB	ELCONDOR	BBVACOL	ODINSA
2/01/2017	\$ 10.760	\$ 11.240	\$ 4.010	\$ 3.600		\$ 1.205	\$ 10.860		\$ 1.080		\$ 600			
3/01/2017	\$ 10.800	\$ 11.460	\$ 4.010	\$ 3.705		\$ 1.190		\$ 9.960	\$ 1.080	\$ 21	\$ 594			
4/01/2017	\$ 10.920	\$ 11.780	\$ 4.020	\$ 3.730		\$ 1.220		\$ 10.080	\$ 1.080	\$ 22	\$ 598			
5/01/2017	\$ 11.100	\$ 11.800	\$ 4.065	\$ 3.715		\$ 1.230		\$ 9.960	\$ 1.090	\$ 22	\$ 605	\$ 1.160		
6/01/2017	\$ 11.120	\$ 11.600	\$ 4.060	\$ 3.720		\$ 1.205		\$ 9.970	\$ 1.090	\$ 22	\$ 603	\$ 1.160	\$ 260	
10/01/2017	\$ 10.980	\$ 11.660	\$ 4.100	\$ 3.740		\$ 1.215	\$ 11.200	\$ 9.750	\$ 1.090	\$ 22	\$ 607	\$ 1.165		
11/01/2017	\$ 10.980	\$ 11.640	\$ 4.135	\$ 3.660	\$ 5.200	\$ 1.205	\$ 11.200	\$ 9.880	\$ 1.090	\$ 22	\$ 614		\$ 260	\$ 9.320
12/01/2017	\$ 10.980	\$ 11.580	\$ 4.225	\$ 3.550	\$ 5.460	\$ 1.210		\$ 9.800	\$ 1.095	\$ 22	\$ 631		\$ 261	\$ 9.280
13/01/2017	\$ 10.900	\$ 11.640	\$ 4.225	\$ 3.600	\$ 5.110	\$ 1.205	\$ 11.300	\$ 9.730	\$ 1.090	\$ 22	\$ 633	\$ 1.135		
16/01/2017	\$ 10.760	\$ 11.640	\$ 4.235	\$ 3.655		\$ 1.190		\$ 9.750	\$ 1.090	\$ 22	\$ 629	\$ 1.125	\$ 261	
17/01/2017	\$ 10.820	\$ 11.600	\$ 4.215	\$ 3.470		\$ 1.210	\$ 11.300	\$ 9.550	\$ 1.085	\$ 22	\$ 639			
18/01/2017	\$ 10.840	\$ 11.560	\$ 4.185	\$ 3.430		\$ 1.205		\$ 9.400	\$ 1.090	\$ 22	\$ 638	\$ 1.145	\$ 261	
19/01/2017	\$ 10.980	\$ 11.640	\$ 4.195	\$ 3.385		\$ 1.200		\$ 9.280	\$ 1.090	\$ 22	\$ 637	\$ 1.135	\$ 261	
20/01/2017	\$ 10.960	\$ 11.440	\$ 4.225	\$ 3.460		\$ 1.180		\$ 9.260	\$ 1.090	\$ 22	\$ 636			
23/01/2017	\$ 10.880	\$ 11.440	\$ 4.210	\$ 3.135		\$ 1.190		\$ 9.150	\$ 1.090	\$ 22	\$ 642	\$ 1.135	\$ 264	
24/01/2017	\$ 10.920	\$ 11.520	\$ 4.245	\$ 3.260		\$ 1.200	\$ 11.300	\$ 9.230	\$ 1.090	\$ 22	\$ 645			\$ 9.430
25/01/2017	\$ 10.720	\$ 11.540	\$ 4.245	\$ 3.240		\$ 1.200		\$ 9.270	\$ 1.090	\$ 22	\$ 655	\$ 1.140	\$ 264	
26/01/2017	\$ 10.940	\$ 11.520	\$ 4.230	\$ 3.210		\$ 1.220	\$ 11.300	\$ 9.200	\$ 1.115	\$ 22	\$ 643	\$ 1.155	\$ 264	
27/01/2017	\$ 10.960	\$ 11.800	\$ 4.285	\$ 3.200		\$ 1.210		\$ 9.000	\$ 1.145	\$ 22	\$ 641	\$ 1.145		
30/01/2017	\$ 10.940	\$ 11.660	\$ 4.230	\$ 3.150		\$ 1.210	\$ 10.860	\$ 8.500	\$ 1.120		\$ 646	\$ 1.135	\$ 270	
31/01/2017	\$ 10.800	\$ 11.460	\$ 4.250	\$ 3.085	\$ 5.200	\$ 1.180	\$ 11.280	\$ 8.430	\$ 1.140	\$ 22	\$ 638	\$ 1.145		
1/02/2017	\$ 10.840	\$ 11.400	\$ 4.325	\$ 2.780		\$ 1.200		\$ 8.300	\$ 1.130	\$ 22	\$ 633	\$ 1.130		
2/02/2017	\$ 10.900	\$ 11.500	\$ 4.300	\$ 2.700		\$ 1.210		\$ 8.480	\$ 1.135	\$ 22	\$ 637	\$ 1.125		
3/02/2017	\$ 10.860	\$ 11.700	\$ 4.345	\$ 2.555	\$ 5.200	\$ 1.210		\$ 8.500	\$ 1.125	\$ 22	\$ 639		\$ 263	
6/02/2017	\$ 10.900	\$ 11.520	\$ 4.290	\$ 2.735		\$ 1.215		\$ 8.130	\$ 1.105	\$ 22	\$ 648			
7/02/2017	\$ 10.920	\$ 11.320	\$ 4.330	\$ 2.735	\$ 5.100	\$ 1.220	\$ 11.480	\$ 8.250	\$ 1.120	\$ 22	\$ 648		\$ 263	
8/02/2017	\$ 10.880	\$ 11.300	\$ 4.370	\$ 2.710	\$ 5.100	\$ 1.190		\$ 8.240	\$ 1.130	\$ 22	\$ 647	\$ 1.125		
9/02/2017	\$ 10.780	\$ 10.960	\$ 4.400	\$ 2.735		\$ 1.200		\$ 8.480	\$ 1.135	\$ 22	\$ 649			
10/02/2017	\$ 10.840	\$ 10.940	\$ 4.350	\$ 2.725	\$ 5.100	\$ 1.195		\$ 8.590	\$ 1.155	\$ 22	\$ 653	\$ 1.125		
13/02/2017	\$ 10.800	\$ 10.800	\$ 4.340	\$ 2.780	\$ 5.000	\$ 1.195	\$ 11.500	\$ 8.500	\$ 1.150	\$ 22	\$ 654	\$ 1.120		
14/02/2017	\$ 10.720	\$ 10.600	\$ 4.310	\$ 2.750	\$ 5.000	\$ 1.140		\$ 8.330	\$ 1.080	\$ 22	\$ 649	\$ 1.120		
15/02/2017	\$ 10.800	\$ 10.820	\$ 4.330	\$ 2.775	\$ 5.000	\$ 1.135	\$ 11.500	\$ 8.650	\$ 1.080	\$ 22	\$ 645	\$ 1.110	\$ 255	\$ 9.430
16/02/2017	\$ 10.800	\$ 10.820	\$ 4.345	\$ 2.780		\$ 1.160		\$ 8.730	\$ 1.095	\$ 22	\$ 644	\$ 1.105	\$ 255	
17/02/2017	\$ 10.820	\$ 10.780	\$ 4.345	\$ 2.815	\$ 5.030	\$ 1.160		\$ 8.750	\$ 1.100	\$ 22	\$ 643	\$ 1.110	\$ 255	
20/02/2017	\$ 10.800	\$ 10.800	\$ 4.355	\$ 2.800	\$ 5.030	\$ 1.150		\$ 8.740	\$ 1.105	\$ 22	\$ 637		\$ 255	
21/02/2017	\$ 10.780	\$ 10.780	\$ 4.340	\$ 2.770	\$ 5.090	\$ 1.145	\$ 11.400	\$ 8.900	\$ 1.020	\$ 22	\$ 645	\$ 1.100		
22/02/2017	\$ 10.720	\$ 10.780	\$ 4.365	\$ 2.845	\$ 4.940	\$ 1.135		\$ 8.750	\$ 1.015	\$ 22	\$ 648	\$ 1.075	\$ 299	
23/02/2017	\$ 10.820	\$ 10.800	\$ 4.475	\$ 2.810		\$ 1.140		\$ 8.650	\$ 1.015	\$ 22	\$ 643	\$ 1.090		
24/02/2017	\$ 10.820	\$ 10.780	\$ 4.480	\$ 2.800	\$ 5.000	\$ 1.130	\$ 11.460	\$ 8.540	\$ 1.005	\$ 22	\$ 643	\$ 1.085		
27/02/2017	\$ 10.800	\$ 10.660	\$ 4.375	\$ 2.800		\$ 1.125		\$ 8.530	\$ 1.000	\$ 22	\$ 643	\$ 1.080		
28/02/2017	\$ 10.780	\$ 10.760	\$ 4.430	\$ 2.805		\$ 1.125	\$ 11.460	\$ 8.650	\$ 1.010	\$ 24	\$ 640	\$ 1.075	\$ 299	

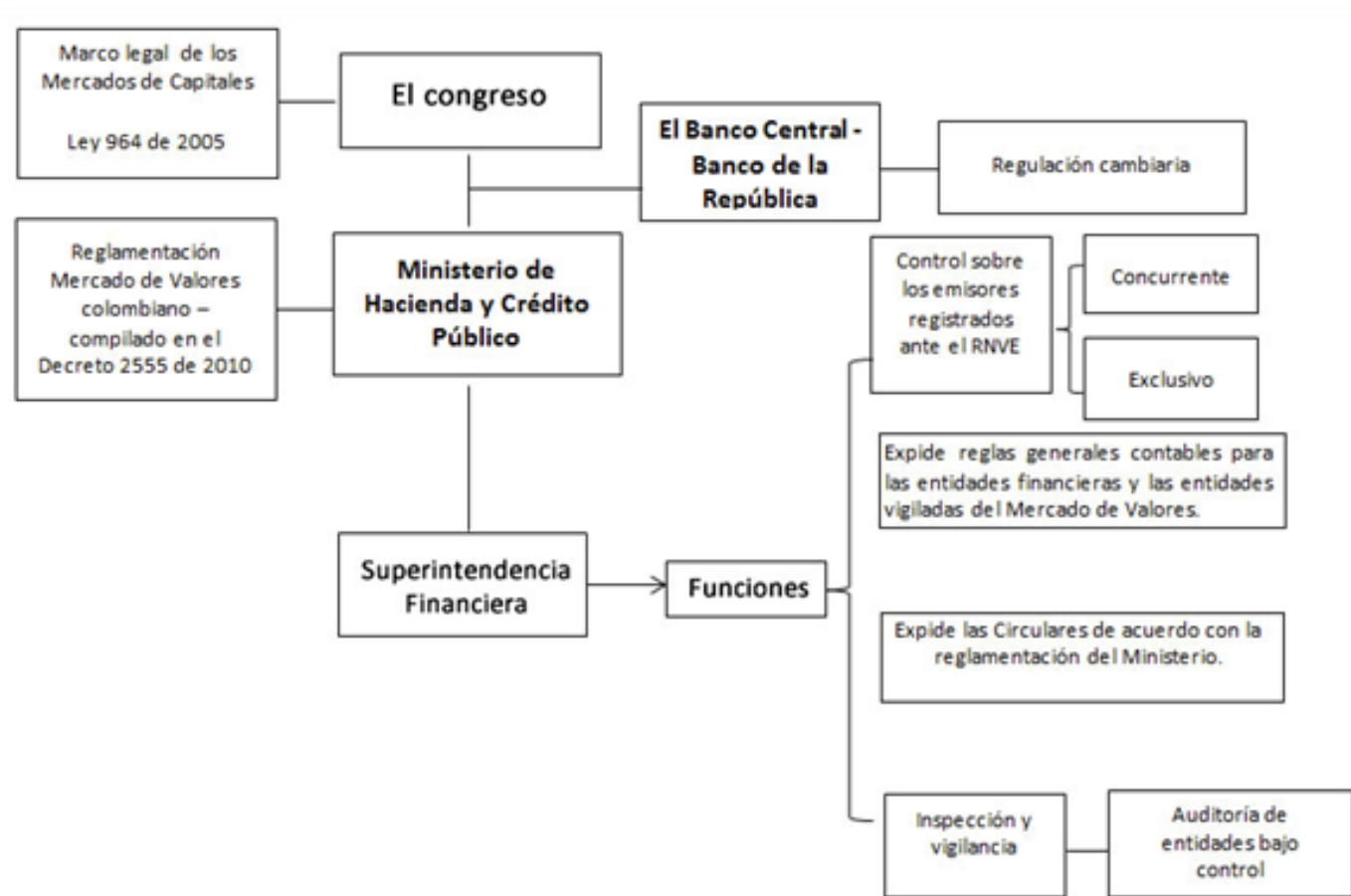
fecha	PFCEMARGOS	CLH	CELSIA	PFAVH	PROMIGAS	GRUPOAVAL	TERPEL	CNEC	CONCONCRET	BVC	ETB	ELCONDOR	BBVACOL	ODINSA
1/03/2017	\$ 10.860	\$ 10.620	\$ 4.470	\$ 2.660		\$ 1.125		\$ 8.620	\$ 998	\$ 24	\$ 640	\$ 1.075		
2/03/2017	\$ 10.740	\$ 10.600	\$ 4.480	\$ 2.590		\$ 1.125	\$ 11.480	\$ 8.810	\$ 1.020	\$ 23	\$ 640	\$ 1.075		
3/03/2017	\$ 10.880	\$ 10.560	\$ 4.475	\$ 2.655		\$ 1.125		\$ 8.710	\$ 1.020	\$ 23	\$ 640		\$ 299	
6/03/2017	\$ 10.760	\$ 10.680	\$ 4.460	\$ 2.650		\$ 1.125		\$ 8.600	\$ 1.015	\$ 23	\$ 634		\$ 271	
7/03/2017	\$ 10.860	\$ 10.660	\$ 4.400	\$ 2.625		\$ 1.120	\$ 11.600	\$ 8.630	\$ 1.015	\$ 23	\$ 636	\$ 1.060		
8/03/2017	\$ 10.840	\$ 10.480	\$ 4.400	\$ 2.600	\$ 5.090	\$ 1.120	\$ 11.600	\$ 8.400	\$ 1.010		\$ 635	\$ 1.060		
9/03/2017	\$ 10.900	\$ 10.640	\$ 4.425	\$ 2.710	\$ 5.090	\$ 1.120		\$ 8.380	\$ 1.005	\$ 23	\$ 640	\$ 1.050	\$ 271	
10/03/2017	\$ 10.820	\$ 10.540	\$ 4.435	\$ 2.745	\$ 5.160	\$ 1.120	\$ 11.600	\$ 8.520	\$ 1.005	\$ 23	\$ 640	\$ 1.035	\$ 265	
13/03/2017	\$ 10.880	\$ 10.500	\$ 4.410	\$ 2.770		\$ 1.125		\$ 8.400		\$ 23	\$ 644	\$ 1.045		
14/03/2017	\$ 10.800	\$ 10.180	\$ 4.375	\$ 2.740		\$ 1.100		\$ 8.300	\$ 995	\$ 23	\$ 641	\$ 1.045		
15/03/2017	\$ 10.820	\$ 10.180	\$ 4.400	\$ 2.745	\$ 5.160	\$ 1.125	\$ 11.800	\$ 8.370	\$ 995	\$ 23	\$ 641			
16/03/2017	\$ 10.820	\$ 10.320	\$ 4.425	\$ 2.800	\$ 5.180	\$ 1.135	\$ 11.800	\$ 8.400	\$ 995	\$ 23	\$ 648			\$ 8.980
17/03/2017	\$ 10.560	\$ 10.060	\$ 4.400	\$ 2.780	\$ 5.200	\$ 1.160		\$ 8.260	\$ 980	\$ 23	\$ 640	\$ 1.055		
21/03/2017	\$ 10.800	\$ 10.320	\$ 4.345	\$ 2.765	\$ 5.100	\$ 1.125		\$ 8.260	\$ 970	\$ 23	\$ 644	\$ 1.060	\$ 265	
22/03/2017	\$ 10.880	\$ 10.440	\$ 4.310	\$ 2.795	\$ 5.200	\$ 1.135	\$ 11.800	\$ 8.100	\$ 960		\$ 650	\$ 1.050	\$ 261	
23/03/2017	\$ 10.800	\$ 10.580	\$ 4.310	\$ 2.815	\$ 5.200	\$ 1.140	\$ 11.780	\$ 8.220	\$ 980	\$ 23	\$ 652	\$ 1.110		
24/03/2017	\$ 10.920	\$ 10.620	\$ 4.315	\$ 2.830	\$ 5.200	\$ 1.160	\$ 12.000	\$ 8.250	\$ 994	\$ 23	\$ 645		\$ 261	
27/03/2017	\$ 10.900	\$ 10.520	\$ 4.315	\$ 2.775		\$ 1.155		\$ 8.280	\$ 996	\$ 23	\$ 640			
28/03/2017	\$ 10.960	\$ 10.760	\$ 4.330	\$ 2.830	\$ 5.200	\$ 1.155	\$ 11.980	\$ 8.670	\$ 1.000	\$ 24	\$ 629	\$ 1.090		\$ 8.500
29/03/2017	\$ 10.940	\$ 10.720	\$ 4.330	\$ 2.800	\$ 5.100	\$ 1.175	\$ 12.000	\$ 8.650	\$ 995	\$ 23	\$ 641	\$ 1.090	\$ 255	
30/03/2017	\$ 10.980	\$ 10.600	\$ 4.380	\$ 2.785		\$ 1.165	\$ 12.300	\$ 8.580	\$ 987	\$ 24	\$ 639			\$ 8.500
31/03/2017	\$ 10.960	\$ 10.600	\$ 4.380	\$ 2.800	\$ 5.140	\$ 1.165	\$ 12.300	\$ 8.540	\$ 987	\$ 24	\$ 639			
3/04/2017	\$ 10.940	\$ 10.720	\$ 4.370	\$ 2.780	\$ 5.140	\$ 1.165	\$ 12.300	\$ 8.400	\$ 985	\$ 24	\$ 631		\$ 255	
4/04/2017	\$ 10.920	\$ 10.760	\$ 4.350	\$ 2.755		\$ 1.170		\$ 8.540	\$ 990	\$ 24	\$ 640	\$ 1.070		
5/04/2017	\$ 10.900	\$ 10.840	\$ 4.340	\$ 2.730		\$ 1.180		\$ 8.420	\$ 997	\$ 24	\$ 640	\$ 1.070		\$ 8.520
6/04/2017	\$ 10.940	\$ 10.920	\$ 4.345	\$ 2.725		\$ 1.165		\$ 8.390	\$ 997	\$ 24	\$ 639	\$ 1.070	\$ 270	
7/04/2017	\$ 10.900	\$ 10.780	\$ 4.365	\$ 2.765		\$ 1.180		\$ 8.420	\$ 1.020	\$ 24	\$ 638	\$ 1.090	\$ 270	\$ 8.540
10/04/2017	\$ 10.900	\$ 10.680	\$ 4.370	\$ 2.725		\$ 1.180	\$ 12.200	\$ 8.460	\$ 1.010	\$ 24	\$ 638	\$ 1.090		
11/04/2017	\$ 10.900	\$ 10.660	\$ 4.395	\$ 2.710		\$ 1.195		\$ 8.500	\$ 1.000	\$ 25	\$ 638			
12/04/2017	\$ 10.900	\$ 10.700	\$ 4.390	\$ 2.730		\$ 1.205	\$ 12.180	\$ 8.560	\$ 1.025	\$ 25	\$ 638	\$ 1.090		
17/04/2017	\$ 10.880	\$ 10.640	\$ 4.400	\$ 2.700	\$ 5.140	\$ 1.190		\$ 8.470	\$ 997	\$ 25	\$ 638			
18/04/2017	\$ 10.900	\$ 10.700	\$ 4.380	\$ 2.700	\$ 5.200	\$ 1.200		\$ 8.400	\$ 998	\$ 25	\$ 638			
19/04/2017	\$ 10.940	\$ 10.780	\$ 4.375	\$ 2.695	\$ 5.200	\$ 1.180	\$ 12.280	\$ 8.440	\$ 995	\$ 25	\$ 633			
20/04/2017	\$ 10.920	\$ 10.740	\$ 4.380	\$ 2.630		\$ 1.180	\$ 12.100	\$ 8.380	\$ 985	\$ 25	\$ 630	\$ 1.065		
21/04/2017	\$ 10.920	\$ 10.640	\$ 4.370	\$ 2.575		\$ 1.170		\$ 8.320	\$ 985	\$ 25	\$ 635	\$ 1.065		
24/04/2017	\$ 11.080	\$ 10.640	\$ 4.350	\$ 2.620	\$ 5.200	\$ 1.190	\$ 12.300	\$ 8.310	\$ 998	\$ 25	\$ 633	\$ 1.075		
25/04/2017	\$ 11.020	\$ 10.680	\$ 4.380	\$ 2.570	\$ 5.200	\$ 1.175		\$ 8.430	\$ 984	\$ 25	\$ 631	\$ 1.070	\$ 270	
26/04/2017	\$ 11.060	\$ 10.660	\$ 4.445	\$ 2.600		\$ 1.175		\$ 8.580	\$ 996	\$ 24	\$ 630		\$ 270	
27/04/2017	\$ 10.900	\$ 10.700	\$ 4.440	\$ 2.600	\$ 5.220	\$ 1.165		\$ 8.640	\$ 992	\$ 24	\$ 650	\$ 1.065	\$ 270	
28/04/2017	\$ 10.980	\$ 10.740	\$ 4.480	\$ 2.660		\$ 1.150	\$ 12.100	\$ 8.870	\$ 1.005	\$ 24	\$ 640	\$ 1.060	\$ 266	

fecha	PFCEMARGOS	CLH	CELSIA	PFAVH	PROMIGAS	GRUPOAVAL	TERPEL	CNEC	CONCONCRET	BVC	ETB	ELCONDOR	BBVACOL	ODINSA
2/05/2017	\$ 10.900	\$ 10.740	\$ 4.450	\$ 2.645		\$ 1.165	\$ 12.180	\$ 8.860	\$ 996	\$ 24	\$ 640	\$ 1.060		
3/05/2017	\$ 10.900	\$ 10.720	\$ 4.455	\$ 2.630	\$ 5.200	\$ 1.155		\$ 8.740	\$ 996	\$ 25	\$ 640	\$ 1.065	\$ 266	
4/05/2017	\$ 10.940	\$ 10.860	\$ 4.495	\$ 2.665	\$ 5.200	\$ 1.170	\$ 12.600	\$ 8.630	\$ 986	\$ 25	\$ 640	\$ 1.075		\$ 8.540
5/05/2017	\$ 10.900	\$ 10.840	\$ 4.500	\$ 2.645	\$ 5.200	\$ 1.160	\$ 12.200	\$ 8.620	\$ 996	\$ 25	\$ 639	\$ 1.065		
8/05/2017	\$ 11.040	\$ 11.300	\$ 4.445	\$ 2.620		\$ 1.180		\$ 8.650	\$ 985	\$ 25	\$ 638	\$ 1.045		
9/05/2017	\$ 11.040	\$ 11.300	\$ 4.445	\$ 2.620		\$ 1.180		\$ 8.650	\$ 985	\$ 25	\$ 638	\$ 1.045		
10/05/2017	\$ 11.060	\$ 11.280	\$ 4.485	\$ 2.610		\$ 1.170		\$ 8.880	\$ 998	\$ 25	\$ 630	\$ 1.045	\$ 266	
11/05/2017	\$ 11.080	\$ 11.260	\$ 4.485	\$ 2.605	\$ 5.200	\$ 1.195	\$ 12.520	\$ 8.670	\$ 998	\$ 25	\$ 631	\$ 1.055		
12/05/2017	\$ 11.080	\$ 11.260	\$ 4.485	\$ 2.605	\$ 5.200	\$ 1.195	\$ 12.520	\$ 8.670	\$ 998	\$ 25	\$ 631	\$ 1.055		
15/05/2017	\$ 11.140	\$ 11.620	\$ 4.700	\$ 2.720		\$ 1.220		\$ 8.750	\$ 1.005	\$ 25	\$ 637	\$ 1.060		
16/05/2017	\$ 11.060	\$ 11.600	\$ 4.650	\$ 2.695		\$ 1.205		\$ 8.620	\$ 1.000	\$ 25	\$ 634	\$ 1.065	\$ 266	
17/05/2017	\$ 10.840	\$ 11.800	\$ 4.600	\$ 2.595	\$ 5.200	\$ 1.190	\$ 12.580	\$ 8.700	\$ 979	\$ 25	\$ 630	\$ 1.075		
18/05/2017	\$ 10.840	\$ 11.800	\$ 4.600	\$ 2.595	\$ 5.200	\$ 1.190	\$ 12.580	\$ 8.700	\$ 979	\$ 25	\$ 630	\$ 1.075		
19/05/2017	\$ 10.920	\$ 12.000	\$ 4.630	\$ 2.635		\$ 1.210		\$ 8.680	\$ 989	\$ 25	\$ 633	\$ 1.080		
22/05/2017	\$ 10.760	\$ 11.900	\$ 4.645	\$ 2.620	\$ 5.200	\$ 1.210		\$ 8.730	\$ 985	\$ 25	\$ 630			\$ 8.990
23/05/2017	\$ 10.780	\$ 11.880	\$ 4.700	\$ 2.630		\$ 1.205	\$ 12.580	\$ 8.700	\$ 989	\$ 25	\$ 634	\$ 1.070	\$ 266	
24/05/2017	\$ 10.820	\$ 11.880	\$ 4.700	\$ 2.585		\$ 1.210		\$ 8.810	\$ 980	\$ 25	\$ 634	\$ 1.070		
25/05/2017	\$ 10.840	\$ 11.560	\$ 4.705	\$ 2.590		\$ 1.210		\$ 8.680	\$ 988	\$ 25	\$ 634	\$ 1.070	\$ 266	\$ 8.900
26/05/2017	\$ 10.840	\$ 11.680	\$ 4.650	\$ 2.555		\$ 1.210	\$ 12.560	\$ 8.640	\$ 988	\$ 25	\$ 634			
30/05/2017	\$ 10.880	\$ 11.740	\$ 4.600	\$ 2.550		\$ 1.210		\$ 8.690	\$ 973	\$ 25	\$ 628	\$ 1.075	\$ 266	
31/05/2017	\$ 10.880	\$ 11.640	\$ 4.535	\$ 2.455		\$ 1.215		\$ 8.680	\$ 972	\$ 24	\$ 620	\$ 1.080		\$ 8.900
1/06/2017	\$ 10.900	\$ 11.500	\$ 4.515	\$ 2.445	\$ 5.200	\$ 1.220	\$ 12.540	\$ 8.620	\$ 970	\$ 24	\$ 620	\$ 1.070	\$ 266	
2/06/2017	\$ 10.880	\$ 11.500	\$ 4.510	\$ 2.420		\$ 1.225		\$ 8.700	\$ 970	\$ 24	\$ 620	\$ 1.070		
5/06/2017	\$ 10.820	\$ 11.400	\$ 4.590	\$ 2.465		\$ 1.215	\$ 12.540	\$ 8.700	\$ 965		\$ 620		\$ 265	
6/06/2017	\$ 10.900	\$ 11.400	\$ 4.605	\$ 2.460		\$ 1.230		\$ 8.720	\$ 968	\$ 25	\$ 624	\$ 1.065	\$ 265	
7/06/2017	\$ 10.900	\$ 11.580	\$ 4.625	\$ 2.460		\$ 1.230	\$ 12.540	\$ 8.720	\$ 962	\$ 25	\$ 618	\$ 1.080		\$ 8.900
8/06/2017	\$ 10.820	\$ 11.720	\$ 4.640	\$ 2.465	\$ 5.200	\$ 1.215	\$ 12.000	\$ 8.790	\$ 966	\$ 25	\$ 615	\$ 1.075	\$ 261	
9/06/2017	\$ 10.860	\$ 11.880	\$ 4.600	\$ 2.460	\$ 5.200	\$ 1.230	\$ 12.000	\$ 8.830	\$ 970	\$ 25	\$ 619	\$ 1.080	\$ 268	
12/06/2017	\$ 10.760	\$ 11.840	\$ 4.635	\$ 2.420	\$ 5.200	\$ 1.230		\$ 9.000	\$ 975	\$ 25	\$ 626		\$ 265	
13/06/2017	\$ 10.760	\$ 11.700	\$ 4.600	\$ 2.430		\$ 1.230		\$ 9.160	\$ 970	\$ 25	\$ 620			
14/06/2017	\$ 10.640	\$ 11.660	\$ 4.600	\$ 2.460	\$ 5.200	\$ 1.235	\$ 12.400	\$ 9.150	\$ 969	\$ 25	\$ 618		\$ 265	
15/06/2017	\$ 10.700	\$ 11.600	\$ 4.630	\$ 2.490	\$ 5.200	\$ 1.240		\$ 9.130	\$ 975	\$ 25	\$ 615			
16/06/2017	\$ 10.700	\$ 11.600	\$ 4.630	\$ 2.490	\$ 5.200	\$ 1.240		\$ 9.130	\$ 975	\$ 25	\$ 615			
20/06/2017	\$ 10.600	\$ 11.600	\$ 4.540	\$ 2.515	\$ 5.200	\$ 1.215		\$ 9.400	\$ 968	\$ 25	\$ 610		\$ 265	
21/06/2017	\$ 10.400	\$ 11.600	\$ 4.515	\$ 2.495		\$ 1.205		\$ 9.390	\$ 965	\$ 25	\$ 610		\$ 260	
22/06/2017	\$ 10.400	\$ 11.600	\$ 4.515	\$ 2.495		\$ 1.205		\$ 9.390	\$ 965	\$ 25	\$ 610		\$ 260	
23/06/2017	\$ 10.440	\$ 11.540	\$ 4.565	\$ 2.495	\$ 5.200	\$ 1.205		\$ 9.390	\$ 960	\$ 25	\$ 610			
27/06/2017	\$ 10.540	\$ 11.500	\$ 4.530	\$ 2.515	\$ 5.200	\$ 1.205		\$ 9.400	\$ 954	\$ 25	\$ 618			
28/06/2017	\$ 10.580	\$ 11.600	\$ 4.600	\$ 2.480	\$ 5.160	\$ 1.215	\$ 12.000	\$ 9.800	\$ 950		\$ 616	\$ 1.065		
29/06/2017	\$ 10.620	\$ 11.540	\$ 4.575	\$ 2.485		\$ 1.240		\$ 9.820	\$ 965	\$ 25	\$ 616			
30/06/2017	\$ 10.640	\$ 11.700	\$ 4.600	\$ 2.470	\$ 5.200	\$ 1.255		\$ 10.040	\$ 969	\$ 25	\$ 618		\$ 250	

## Anexo B

Fuente: Elaboración propia





Anexo C Esquema

Fuente: Tomado de Regulación y Supervisión del Mercado de Valores, Página WEB de la ANDI.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Ver archivo Word titulado “Análisis de Paper”, contiene análisis crítico de papers especializados en mercado de capitales (Contiene 44 Hojas)

## 8. BIBLIOGRAFÍA

ANDI. (2013). *Mercado de valores*. Obtenido de

<http://www.andi.com.co/es/GAI/GuiInv/SisFin/MerVal/Paginas/RegVal.aspx#>

Bolsa de Valores de Colombia. (2004). *Página oficial*. Obtenido de

<http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc>

Bolsa de valores de Colombia. (2004). *Perfil*. Obtenido de

<https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/AcercaBVC/Perfil?action=dummy>

Bolsa de valores de Colombia. (Agosto de 2013). *Metodología para el cálculo del Índice*

*Reconocimiento IR*. Obtenido de COLIR:

[http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/IR/Documentos\\_IR?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=7fc26512\\_1414bbef703\\_-](http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/IR/Documentos_IR?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=7fc26512_1414bbef703_-61810a0a600b&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com.tibco.ps.pagesvc.ta)

[61810a0a600b&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com.tibco.ps.pagesvc.ta](http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/IR/Documentos_IR?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=7fc26512_1414bbef703_-61810a0a600b&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com.tibco.ps.pagesvc.ta)

BVC. (2004). *Comisionistas y afiliados*. Obtenido de

[https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/ComisionistasyAfiliados/Proyectos/Plataforma\\_Integradora](https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/ComisionistasyAfiliados/Proyectos/Plataforma_Integradora)

BVC. (2016). *Reglamento del sistema centralizado de operaciones de negociación y registro -*

*MEC*. Obtenido de

[https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Regulacion/Sistemas\\_Administrados/Renta\\_Fija?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=5d9e2b27\\_11de9ed172b\\_-](https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Regulacion/Sistemas_Administrados/Renta_Fija?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=5d9e2b27_11de9ed172b_-2c467f000001&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com)

[2c467f000001&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com](https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Regulacion/Sistemas_Administrados/Renta_Fija?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=5d9e2b27_11de9ed172b_-2c467f000001&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com)

[2c467f000001&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com](https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Regulacion/Sistemas_Administrados/Renta_Fija?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=5d9e2b27_11de9ed172b_-2c467f000001&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com)

BVC. (2017). *Acreditación de la adopción de mejores prácticas iniciativa reconocimiento*

*emisores - IR*. Obtenido de Anexo 49 Circular Única BVC:

[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:VO\\_2ydCdSr8J:www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/IR%3Fcom.tibco.ps.pagesvc.action%3DupdateRenderState%26rp.currentDocumentID%3D54aed124\\_13ca6396fa6\\_aed0a0a600b%26rp.revisionNumber%3D1%26rp](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:VO_2ydCdSr8J:www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/IR%3Fcom.tibco.ps.pagesvc.action%3DupdateRenderState%26rp.currentDocumentID%3D54aed124_13ca6396fa6_aed0a0a600b%26rp.revisionNumber%3D1%26rp).

BVC. (2017). *Índice Bursátil*. Obtenido de Bolsa de Valores de Colombia:

<http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Mercados/descripciongeneral/indicesbursatiles?action=dummy>

Cáceres, J., & Aldazosa, R. (2012). *Analizando el riesgo sistémico en Bolivia: una aplicación de modelos de topología de redes y simulación al funcionamiento del Sistema de Pagos de Alto Valor*. Obtenido de

[https://www.bcb.gob.bo/webdocs/publicacionesbcb/revista\\_analisis/ra\\_vol17/Articulo2.pdf](https://www.bcb.gob.bo/webdocs/publicacionesbcb/revista_analisis/ra_vol17/Articulo2.pdf)

Contreras, O., Stein, R., & Vecino, C. (2015). *Estrategia de inversión optimizando la relación rentabilidad-riesgo: evidencia en el mercado accionario colombiano*. Obtenido de

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-59232015000400004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-59232015000400004)

Corfinsura. (2006). *Glosario especializado*. Obtenido de

<http://www.corfinsura.com.co/espanol/glosario/dl/Glosarioterminoseconomicos.pdf>

Cruz, E., Restrepo, H., & Sánchez, J. (2005). *Portafolio de inversión en acciones optimizado*.

Obtenido de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6929>

Economipedia. (2015). *La renta variable*. Obtenido de

<http://economipedia.com/definiciones/renta-variable.html>

EDUCA. (2017). *Perfil del inversionista*. Obtenido de Portal de Educación Financiera:

<http://www.svs.cl/educa/600/w3-article-1252.html>

Finanzas Prácticas. (2016). *¿Qué tipo de inversionista es?* Obtenido de Finanzas Personales:

<https://www.finanzaspracticas.com.co/finanzaspersonales/bancarios/inversiones/quetipo.php?print=y>

Gitman, L., & Zutter, C. (2012). *Principios de administración financiera*. Obtenido de

<http://www.farem.unan.edu.ni/investigacion/wp-content/uploads/2015/04/1-Principios-de-Administracion-Financiera-12edi-Gitman.pdf>

Glover, F. (1995). *Tabu Search Fundamentals and uses*. Obtenido de [http://leeds-](http://leeds-faculty.colorado.edu/glover/TS%20-%20Fundamentals%26Uses.pdf)

[faculty.colorado.edu/glover/TS%20-%20Fundamentals%26Uses.pdf](http://leeds-faculty.colorado.edu/glover/TS%20-%20Fundamentals%26Uses.pdf)

Holland, H. (s.f.). *Algoritmo genético*. Obtenido de

<http://cmapspublic.ihmc.us/rid=1KNL6D2RH-167RX3V-38W7/JOHN%20HENRY%20HOLLAND.pdf>

Martínez, D., Bernal, J., & Sánchez, F. (2010). *Algoritmos genéticos. Un ejemplo con hoja de cálculo*. Obtenido de <http://repositorio.upct.es/handle/10317/1443>

Moreno, J. (2004). *Metaheurísticas: Concepto y Propiedades*. Obtenido de

<http://www.tebadm.ulpgc.es/almacen/seminarios/MH%20Las%20Palmas%202.pdf>

Orozco, E., & Alarcón, J. (2016). *Gestión de un Portafolio Accionario a partir de las cadenas de Markov y análisis combinatorial entre el recocido simulado y MACD en la BVC*.

Obtenido de Tesis concluida Maestría En Administración Económica y Financiera ,2016, Persona orientada: JACK ZORI ALARCON RAMOS.

Quinzaños, M. (2016). *Lo que le quita el sueño a un gran inversionista*. Obtenido de

<http://www.finamex.com.mx/the-visionary/sensei/lo-que-le-quita-el-sueno-a-un-gran-inversionista/>

Resolución 638. (29 de septiembre de 1998). *Medidas que conducen a la promoción y desarrollo del mercado y a la protección de los inversionistas. Modificación del capítulo primero del título segundo de la parte primera de la resolución 1200 de 1995 de la Superintendencia de Valores*. Obtenido de Superintendencia de Valores:

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:4RbSiZdRRdEJ:https://m.superfinanciera.gov.co/descargas%3Fcom%3Dinstitucional%26name%3DpubFile60897%26downloadname%3Dre063898.htm+%&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>

Robledo, P., & García, C. (2008). *Portafolios de inversión a través de redes neuronales y algoritmo genético*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1493/332632861R666.pdf?sequence=1>

Rodríguez, M., Cortez, A., Méndez, A., & Garza, H. (2014). *Análisis de portafolio por sectores mediante el uso de algoritmos genéticos: caso aplicado a la Bolsa Mexicana de Valores*. Obtenido de [www.cya.unam.mx/index.php/cya/article/download/5/5](http://www.cya.unam.mx/index.php/cya/article/download/5/5)

Superfinanciera. (mayo de 2008). *Mercado de capitales, establecimientos bancarios*. Obtenido de <https://www.superfinanciera.gov.co/SFCant/Normativa/Conceptos2008/2008023952.pdf>

Supervalores. (2004). *Cartilla los comisionistas*. Obtenido de <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/index.jsf>

Wikipedia. (2016). *Renta fija*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Renta\\_fija](https://es.wikipedia.org/wiki/Renta_fija)